

KAMERA-FUNKTIONSSZINTIGRAPHIE
DER NIEREN -
BEDEUTUNG UND WERTIGKEIT FÜR DIE
NUKLEARMEDIZINISCHE NIERENDIAGNOSTIK
INSBESONDERE IM VERGLEICH
MIT DER ISOTOPENNEPHROGRAPHIE

Angelika Wibmer

1982

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 2014774

AUS DER KLINIK UND POLIKLINIK FÜR RADIOLOGIE DER UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. med. J. Lissner

KAMERA-FUNKTIONSSZINTIGRAPHIE DER NIEREN - BEDEUTUNG UND
WERTIGKEIT FÜR DIE NUKLEARMEDIZINISCHE NIERENDIAGNOSTIK
INSBESONDERE IM VERGLEICH MIT DER ISOTOPENNEPHROGRAPHIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Angelika Wibmer

aus Altötting

1982

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter
Mitberichterstatter
Dekan

Prof. Dr. U. Büll
Prof. Dr. J. Lissner
Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung

16. 12. 1982



Folgenden Personen schulde ich Dank:

Herrn Prof. Dr. med. J. Lissner für die Möglichkeit,
das Thema an seinem Haus zu bearbeiten.

Herrn Prof. Dr. med. U. Büll für die Bereitschaft, die
Arbeit nochmals zu überprüfen.

Herrn Dr. med. R. Rothe für seinen freundschaftlichen
Rat und seine Unterstützung bei der Ausarbeitung des
Themas.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554013_0063

GLIEDERUNG

I. EINLEITUNG

II. METHODIK

1. Beschreibung der Kamera
2. Verwendetes Radiopharmakon
3. Vorbereitung des Patienten und technische Durchführung

III. ERGEBNISSE

1. Neue Normalwerte
2. Entzündliche Erkrankungen
3. Urologische Krankheitsbilder
 - a) Steine
 - b) Ureterabgangsstenosen
 - c) Kelchhalsstenosen bzw. Abflußstörung aus einer Kelchgruppe
 - d) Harnstauung verschiedener Ursache
4. Erkrankungen des Gefäßsystems und Kreislaufs
 - a) Hypertonie
 - b) Nierenarterienstenosen
 - c) Embolie
5. Akutes Nierenversagen
6. Stumme Nieren
7. Mißbildungen
 - a) Beidseitige Nephroptose
 - b) Rechtsseitige Nephroptose
 - c) Beckennieren
 - d) Hufeisennieren
 - e) Cystennieren
 - f) Hypoplastische Nieren
8. Raumfordernde Prozesse

IV. DISKUSSION

1. Methodik im Vergleich zur Szintigraphie und Nephrographie
2. Diskussion der neuen Normalwerte
3. Aussagewert bei einzelnen Erkrankungen und Mehrinformation gegenüber dem Nephrogramm
 - a) Entzündliche Erkrankungen
 - b) Urologische Krankheitsbilder
 - c) Erkrankungen des Gefäßsystems und Kreislaufs
 - d) Akutes Nierenversagen
 - e) Stumme Nieren
 - f) Nierenmißbildungen
 - g) Raumfordernde Prozesse
4. Vergleich Isotopennephrographie - Funktions-szintigraphie

V. ZUSAMMENFASSUNG

VI. LITERATUR

I. Einleitung

1952 wurden von Oeser und Billion, 1955/56 von Kimbel und Börner erste Versuche zu einer "funktionellen Strahlendiagnostik" der Nieren mit Hilfe von markierten Röntgenkontrastmitteln unternommen. Entscheidenden Anteil an der Entwicklung der Radioisotopennephrographie (RIN) in der gegenwärtig geübten Technik haben Taplin und Mitarbeiter (1956), Winter (1963) und zum Winkel (1964). (4)

Die Nierenfunktionsprüfung mit Radionukliden zählt heute zu den häufigsten nuklearmedizinischen Untersuchungen der klinischen Praxis.

Als Isotopennephrographie bezeichnet man ein Verfahren, bei dem mit zwei Szintillationszählern nach intravenöser Injektion einer mit einem radioaktiven Element markierten harnpflichtigen Substanz von außen die Radioaktivität über beiden Nieren getrennt gemessen wird. Die externe Messung des Radioaktivitätsverlaufs erfolgt durch senkrecht über beiden Nieren aufgesetzte kollimierte Strahlungsdetektoren (Kristall-Haut-Abstand ca. 12 cm). Das Schichtfeld der Detektoren soll der Nierengröße entsprechen. Die Dicke des Kristalls und der Detektor - Haut - Abstand bestimmen die Impulsausbeute. Die Impulsraten werden über einen Linearverstärker mit Hilfe eines Mittelwertmessers (Ratemeter) in der Zeiteinheit integral registriert und über einen Zweifachlinienschreiber bei einem Papiervorschub von 30 cm/Std. aufgezeichnet. Die graphische Registrierung der Impulszahlen gegen die Zeit ergibt eine Kurve, aus deren Verlauf Schlüsse auf die Funktion einer oder beider Nieren gezogen werden können.

Bei der Nierenszintigraphie handelt es sich um die Ableitung eines stationären Bildes der Nieren mit beweglichem Detektor. Das Scanning erfolgt durch zeilenförmige, kontinuierliche Abtastbewegungen des Szintillationszählers parallel zur Körperoberfläche. Dabei können die Größe des Scanfeldes, Zeilenabstand und Abtastgeschwindigkeit variiert werden. Die Registriersysteme sind mit dem Szintillationszähler meist durch eine Achse starr verbunden und werden daher synchron mit ihm bewegt. Bei der Aufzeichnung auf Papier ist die Zahl der Striche oder Punkte proportional zur gemessenen Impulsrate. Bei dieser Untersuchungsmethode tritt die Funktionsdiagnostik gegenüber topographisch-morphologischer Diagnostik zurück. In Verbindung mit dem ING lassen sich funktionell-morphologische Informationen gewinnen.

Dafür besser geeignet ist die Nierensequenzszintigraphie. Man versteht darunter die Ableitung mehrerer Aktivitätsverteilungsbilder der Nieren nach einmaliger Injektion in bestimmten Zeitabständen mit stehendem Detektor. Die Nierenfunktion ist nicht nur global, sondern auch in umschriebenen Bereichen analysierbar.

Anger entwickelte 1952 - 1967 die erste brauchbare Gamma-Kamera mit stehendem Detektor. Der Detektor der Anger-Kamera besteht aus einem großflächigen Szintillationskristall von ca. 30 cm Durchmesser und 1/2 Zoll Dicke. Die Abbildung erfolgt wie beim Scanner durch Kollimatoren, die mit sehr vielen, meist parallelen Bohrungen versehen sind. Deshalb kann die Aktivitätsverteilung in dem gesamten zu untersuchenden Gebiet gleichzeitig erfaßt werden.

Eine weiter daraus entwickelte Methode der Funktionsprüfung der Nieren mit Radionukliden ist die Funktionsszintigraphie. Es handelt sich dabei um Sequenzszintigraphie mit stehendem Detektor bei gleichzeitiger Ableitung von Funktionskurven (simultane Nephrographie und Nierensequenzszintigraphie).

Bei Verwendung einer Szintillationskamera in Kombination mit Speichersystemen (Kernspeicher, Magnetband) können Untersuchungen des Funktionsablaufes und Organdarstellung gleichzeitig vorgenommen werden, z.B. zum Studium der intrarenalen Hippurankinetik. Ferner ist es möglich, nach Abschluß der Untersuchung Funktionskurven über elektromagnetisch auswählbaren Bezirken des Szintigramms ("regions of interest") abzuleiten.

Beschreibung des normalen Isotopennephrogramms

Die Kurve eines normalen Isotopennephrogramms besteht charakteristischerweise aus drei Abschnitten oder Phasen:

Phase I : (sog. Initialphase, "Durchblutungs" -, Durchmischungsphase)

Dauer: 10 - 30 sec; sie erfaßt überwiegend den Transfer des Radiopharmakons durch renovaskuläre, extravaskuläre und pararenale Kompartimente.

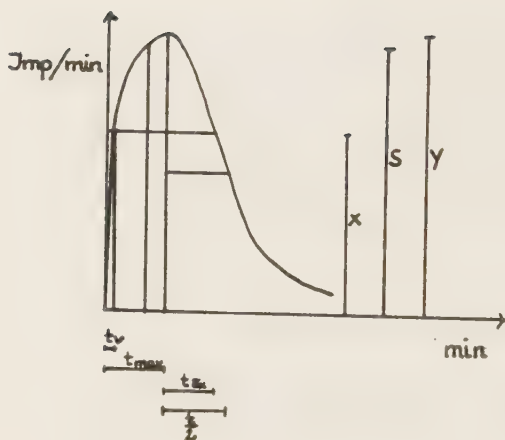
Phase II : (sog. Sekretionsphase)

Dauer: 2 - 5 min; sie entspricht der renalen Funktionsphase. Es handelt sich dabei um einen Gleichgewichtsvorgang, bei dem die Anreicherung des Radiopharmakons im Gegensatz zum Abfluß überwiegt.

$t_{\max}$ entspricht dem Zeitpunkt, zu dem bereits gleich viel abfließt, wie die Niere aufnimmt.

Phase III: (sog. Exkretionsphase)

Dauer: 5 - 15 min; sie entsteht durch die Ausscheidung der Testsubstanz in die pyeloureteralen Abflußwege.



$$\frac{S}{x} = SW$$

$$\frac{100(y-x)}{x} = Z$$

$$\frac{Z}{t_{\max}} = \begin{matrix} \% \text{-Minuten-} \\ \text{Konzentration} \end{matrix}$$

$$\frac{Z}{t_{\text{Ex}}} = \begin{matrix} \% \text{-Minuten-} \\ \text{Exkretion} \end{matrix}$$

Abb. 1:

Schematische Darstellung eines normalen ING: Es bedeuten:

t_v , $t_{\max}$, t_{Ex} = Dauer der Phase I, II, III; SW = Sekretionswert;

$\frac{Z}{t_{\max}}$ = Index für prozentuale Minuten-Konzentration;

$\frac{Z}{t_{\text{Ex}}}$ = Index für prozentuale Minuten-Exkretion.

Auswertungskriterien:

1. Bestimmung des zeitlichen Eintritts des Sekretionsmaximums ($t_{\max}$).
 2. Bestimmung des sog. Sekretionswertes, d.i. der Quotient aus den Aktivitäten 2 min. p.i. und nach Beendigung der Phase I.
 3. Berechnung des sog. Totalkonzentration und prozentualen Minutenkonzentration.
- Die Totalkonzentration "Z" stellt den von den Nieren über das Niveau der Phase I (x) konzentrierten prozentualen Substanzanteil dar.

Sie errechnet sich nach der in Abb. 1 angegebenen Formel als

$$Z = \frac{100 (y - x)}{x}$$

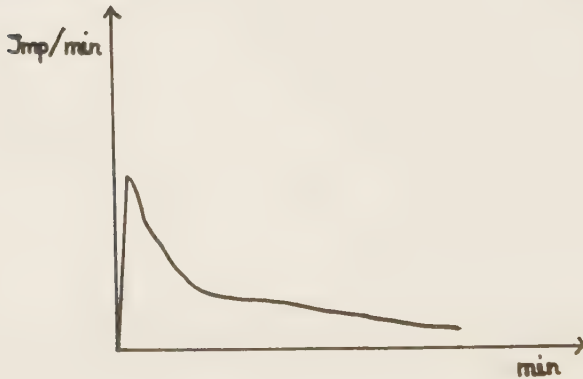
Die prozentuale Minutenkonzentration ergibt sich als $\frac{Z}{t_{\max}}$.

4. Bestimmung der Dauer der Phase III (t_{Ex}) und der prozentualen Minutenexkretion aus $\frac{Z}{t_{\text{Ex}}}$.
5. Bestimmung der Zeit, in der die Hälfte des Radiopharmakons wieder ausgeschieden ist ($\frac{t}{2}$).

Zur Pathologie und Pathophysiologie des ING:

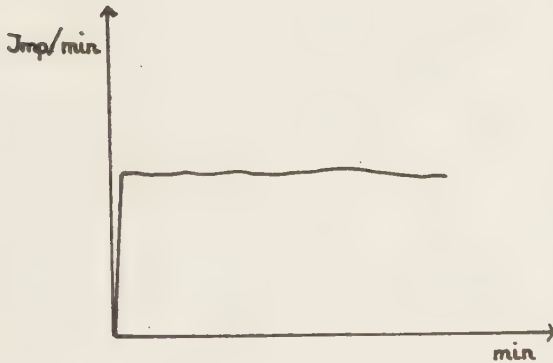
Man unterscheidet drei pathologische Grundtypen des ING (4)

1. Nephrektomietyp (Abb. 2)



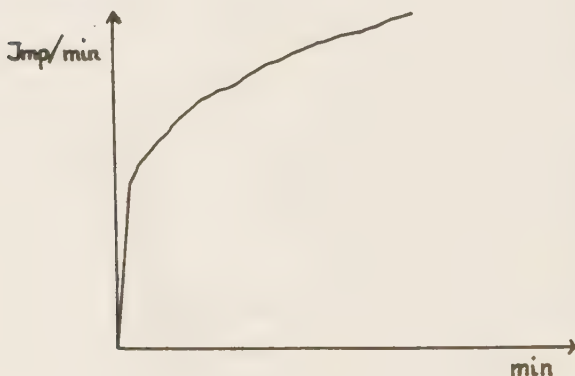
Die schwerste Form einer Funktionsstörung ist der komplette Ausfall der Phase II. Diesen sog. "Nephrektomietyp" finden wir bei Nierenaplasie, nach Nephrektomie und bei funktionslosen Nieren jeder Genese.

2. Isosthenurie- oder Horizontaltyp (Abb. 3)



Von einem sog. "Isosthenurie- oder Horizontaltyp" sprechen wir bei minimaler Restfunktion, wie sie bei Schrumpfnieren oder chronischer Harnstauung zu finden ist. Beidseitig kommt der Isosthenurietyt bei chronischer Niereninsuffizienz vor. Es handelt sich immer um eine globale glomerulotubuläre Funktionseinbuße. Bei funktionsloser Niere können Nephrektomie- und Isosthenurietyt fließende Übergänge zeigen.

3. Stauungs- oder Akkumulationstyp (Abb. 4)



Bei erhaltener Anreicherung des Radiopharmakons fehlt hier die Ausscheidungsphase III, d.h. es erfolgt kontinuierliche Anreicherung. Dem kann ein Abflußhindernis durch Stein, Tumorummauerung des Ureters oder Ureterstriktur zugrunde liegen, aber auch eine Vergrößerung des renalen Totraumes (Zystennieren) oder ein hypoxiebedingter tubulärer Funktionsdefekt mit intrazellulärer Hippurananreicherung bzw. Rückdiffusion in das Interstitium. Bei akuter Abstoßungskrise nach Nierentransplantation, bei Leberzirrhosen und bei Schocknieren mit Sistieren der Glomerulusfiltration, aber erhaltener Nierendurchblutung tritt ein derartiger ING-Verlauf in gleicher Weise auf.

Die Isotopennephrographie erlaubt eine seitenvergleichende Abschätzung der globalen Nierenfunktion, die mit keiner anderen, vergleichbar einfachen Untersuchungstechnik erreicht wird.

Verwendete Pharmaka

Zur externen Messung kommen nur γ -Strahlen aussendende Isotope in Frage:

^{99m}Tc , ^{125}J , ^{131}J , ^{51}Cr , ^{113m}In , (^{203}Hg), ^{197}Hg .

Als nierenpflichtige Substanzen wurden zunächst markierte Röntgenkontrastmittel empfohlen:

^{131}J -Diatrizoate, -Diodrast, -Iothalamat, -Jodamid.

Auch ^{131}J -, ^{51}Cr -Inulin, ^{51}Cr -, ^{113m}In -EDTA und ^{99m}Tc -DTPA kommen zur Abschätzung der glomerulären Partialfunktion in Anwendung. Die tubuluspflichtige ^{131}J -Orthojodhippursäure beansprucht heute immer noch das bevorzugte Interesse. Die o-JH unterliegt dem gleichen Ausscheidungsmodus wie PAH und wird zu 20 % glomerulär filtriert, zu 80 % tubulär sezerniert. Die biologische Halbwertszeit bei normaler Nierenfunktion beträgt daher nur etwa 20 min, so daß die Strahlenbelastung einer Testdosis von 10 - 50 μC nur etwa 1 - 2 % der Gonadendosis der bei der intravenösen Ausscheidungsurographie zu applizierenden Röntgenstrahlung entspricht. Die pro Untersuchung verabfolgte Jodmenge ist so gering, daß mit allergischen Reaktionen bei bestehender Überempfindlichkeit gegen Kontrastmittel nicht gerechnet werden muß. Markierte Hg-Präparate (^{203}Hg -, ^{197}Hg -Chlormerodrin, ^{203}Hg -Mersalyl) unterliegen einer tubulären Sekretion bei partieller tubulärer Stapelung in der kortikomedullären Übergangszone. Daher wird ein Teil der Substanzen mit einer Halbwertszeit von mehreren Tagen bzw. Wochen und Monaten renal eliminiert (zur Untersuchung der Nierenstruktur; Scanning).

^{203}Hg -Pharmaka sollten wegen ihres zusätzlichen β -Strahlenanteils und der langen Halbwertszeit nicht benutzt werden. Im Interesse einer geringeren Strahlenbelastung beschränkt man sich auf die jetzt verfügbaren kurzlebigen Radionukli-

de und Radiopharmaka: o- ^{131}JH , $^{113\text{m}}\text{In-Fe-EDTA}$ und $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ zur Nephrographie, Sequenzszintigraphie bzw. zur Funktionsszintigraphie. $^{99\text{m}}\text{Tc-Fe-}$ oder Askorbinatkomplexe erfordern einen gewissen präparativen Aufwand.

In der vorliegenden Arbeit soll dargestellt werden, welche Änderungen in der nuklearmedizinischen Nierenfunktionsdiagnostik durch die Einführung der Funktionsszintigraphie eingetreten sind und zwar:

1. Änderung der Parameter des ING
2. Mehrinformation gegenüber dem ING, welches nur eine seitenvergleichende Beurteilung der gesamten Nierenfunktion zuläßt
3. Erarbeitung von differentialdiagnostischen Kriterien für Nierenerkrankungen.

II. Methodik

Die funktionsszintigraphischen Untersuchungen wurden mittels einer Szintillationskamera (Picker Dynakamera 2c) sowohl an Normalpersonen als auch an Fällen aus verschiedenen Krankheitsgruppen durchgeführt.

1. Beschreibung der Kamera

Das Dynakamerasystem besteht aus 2 Hauptbestandteilen, dem Bilddetektor und der Bedienungskonsole. Der Bilddetektor hängt an einem drehbaren Joch, das an einer schweren, senkrechten Säule und einer verstärkten Basis mit niedrigem Profil befestigt ist.

Die Bedienungskonsole enthält alle Operationskontrollen (mit Ausnahme der Kontrolle der Detektorbewegung), Bild- und Datenwiedergabeeinheiten, Datenverarbeitungseinheiten und die Kamera zur Aufzeichnung der Szintigramme. Drei Wiedergabeeinheiten stehen zur Verfügung, zwei Bildeinheiten (ein Monitor und eine Photoregistriereinheit) und eine Datenwiedergabeeinheit.

Der Detektor der Dynakamera besteht aus einem für γ -Strahlen empfindlichen NaJ(Tl)-Szintillationskristall mit einem Durchmesser von 13 1/2 Zoll (34,3 cm) und 1/2 Zoll (1,3 cm) Dicke. Der Kristall ist optisch mit einer Anordnung von Photomultipliern gekoppelt. Außer auf der Detektoroberfläche sind Kristall und Photomultiplier allseits von mindestens 2 Zoll Blei und Abschirmungsmaterial umgeben, um soweit wie möglich die Untergrundstrahlung im Empfindlichkeitsbereich des Detektors auszuschließen.

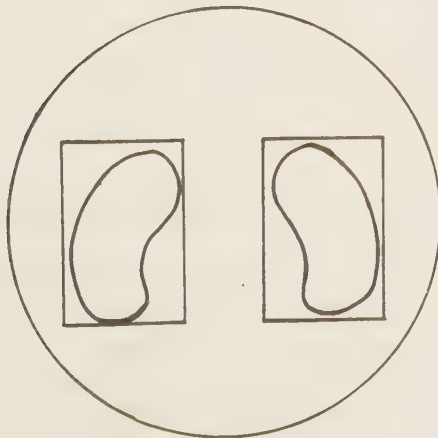
Ein Kollimator mit vielen parallelen Bohrungen, der die Eintrittsfläche des Kristalls bedeckt, sorgt dafür, daß γ -Strahlung, die nicht senkrecht auf den Kristall emittiert wird,

abgeschirmt oder in ihrer Energie vermindert wird. Es werden daher alle Gammaquanten aus irgendeinem Bereich des Organs den Kristall erreichen, bei denen der Auftreffort dem Ursprung entspricht.

Die Kamera ist mit zwei Bildwiedergabe-Einrichtungen ausgestattet, dem Monitoroszillographen und dem Kameraoszillographen. Dies erlaubt einmal eine Beobachtung der Passage des Radiopharmakons durch die Niere, während zum anderen gleichzeitig das Ergebnis auf einem Polaroidfilm festgehalten wird.

Die duale "Region of Interest" -Auswahl der Kamera erlaubt die gleichzeitige dynamische Untersuchung beider Nieren. Sechs Präzisionspotentiometer (10 Umdrehungen), die auf die 100 x 100 Datenpunkt-Matrix und das Gesichtsfeld eingestellt sind, wählen zwei "Regions of Interest" von 3 mm Kantenlänge bis zu 30 cm Durchmesser des Gesichtsfeldes aus. So ist eine exakte Darstellung der Nieren und Untersuchung der Nierenfunktion möglich.

Abb. 5



Dynamische Impuls-Zeit-Diagramme (Zeit-Aktivitäts-Kurven) können für beide "Regions of Interest" simultan erzeugt, direkt auf dem eingebauten Datenwiedergabe-Oszilloskopen dargestellt und über einen Schreiber ausgedruckt werden. Dies erfolgt bei einem Papiervorschub von 30 cm/Std. Diese Nephrogrammkurven werden nach den in der Einleitung aufgeführten Auswertungskriterien der Isotopennephrographie ausgewertet.

Mit dem Magnetband kann jeder Untersuchungsvorgang vom Zeitpunkt der Injektion bis zum Ende der Studie vollständig aufgezeichnet werden. Die Bandaufzeichnung erlaubt eine nachträgliche Auswertung auch mit geänderten Parametern, wobei alle Bilddaten in der gleichen Weise wie bei der direkten Untersuchung rückgespielt und rekonstruiert werden und alle Bildparameter wie Intensität oder "Region of Interest" geändert werden können.

2. Verwendetes Radiopharmakon

Als Testsubstanz wurde bei unseren Untersuchungen ortho-¹³¹J-Hippursäure in einer spezifischen Aktivität von 0,07 mCi/mg o-JH verwendet. Zur Untersuchung wurden dem Patienten 300 µCi i.v. injiziert. Die radiochemische Reinheit wird von der Firma (Hoechst) mit mindestens 98 % unter Berücksichtigung von Jodid-¹³¹J und Jodbenzoesäure-¹³¹J angegeben.

3. Vorbereitung des Patienten und technische Durchführung

Mindestens 24 Stunden vor der Untersuchung sollten jegliche die renale Hämodynamik beeinflussenden Medikamente (Diuretika, am Tubulus kompetitiv wirksame Pharmaka) abgesetzt werden. 1/2 Stunde vor der Funktionsszintigraphie erhält der Patient nach vorheriger Blasenentleerung 1/2 l Flüssigkeit innerhalb 10 min peroral. Die Untersuchung kann sowohl im Sitzen als auch im Liegen durchgeführt

werden. Der Bilddetektor der Dynakamera wird auf die Nierenregion eingestellt. Anschließend werden $300 \mu\text{Ci}$ $\text{o-}^{131}\text{J}$ -Hippursäure als Bolus in eine Kubitalvene injiziert. Bei unseren Untersuchungen wurden die Bilder (Sequenzszintigramme) bei einer Expositionszeit von 90 sec, 0 - 1,5 min, 3 - 4,5 min, 7 - 8,5 min p.I. und dann nach Bedarf angefertigt. Gleichzeitig wurden die Zeit-Aktivitäts - Diagramme der Nieren über einen Schreiber aufgezeichnet.

III. Ergebnisse

Die funktionsszintigraphischen Nierenuntersuchungen an unserer Klinik wurden sowohl an Normalpersonen als auch an Fällen aus verschiedenen Krankheitsgruppen durchgeführt. Es handelte sich um insgesamt 344 Patienten.

Davon waren:

	96 Normalpersonen
<u>Entzündliche Erkrankungen:</u>	25 Pyelonephritis
	7 Glomerulonephritis
	4 Gicht
	5 Tbc
<u>Urologische Erkrankungen:</u>	36 Steine - Ausgußstein
	9 Ureterabgangsstenosen
	5 Kelchhalstenosen
	43 Hydronephrosen - Harnstau- ungsnieren
<u>Erkrankungen des Gefäß- systems und Kreislaufs:</u>	31 Hypertonie
	4 Nierenarterienstenosen
	1 Embolie
<u>Akutes Nierenversagen:</u>	6
	1 prären. Genese
	4 intraren. Genese
	1 postren. Genese
<u>Stumme Nieren verschie- dener Genese:</u>	22
<u>Mißbildungen:</u>	7 beidseitige Nephrotose
	24 rechtseitige Nephrotose
	4 Beckennieren
	5 Hufeisennieren
	2 Cystennieren
	8 hypoplastische Nieren

Raumfordernde Prozesse: 10 Tumore
 2 Cysten

1. Neue Normalwerte

Bei 96 der an unserer Klinik funktionsszintigraphisch untersuchten Patienten handelte es sich um Personen mit normaler Nierenfunktion. Die Untersuchungsreihe wurde durchgeführt über rechteckige, gering die Nierengrenzen überschreitende "Regions of Interest" (s. Abb. 5). Dabei wurden folgende Werte für die Funktionsparameter erhalten:

Tabelle 1:

Versuchszahlen	192
$t_{\max} (\bar{x} \pm s)$	$2,89 \pm 0,75$
SW	$1,65 \pm 0,20$
SW ₂	$1,47 \pm 0,26$
% Min Konz.	$30,16 \pm 10,91$
t_{Ex}	$4,98 \pm 2,05$
$t \ 1/2$	$5,95 \pm 1,87$
% Min. Exkr.	$18,52 \pm 5,97$

Bei dem in der Tabelle aufgeführten 2. Sekretionswert (SW₂) wurde das Ende der Initialphase nach 1/2 Minute angesetzt.

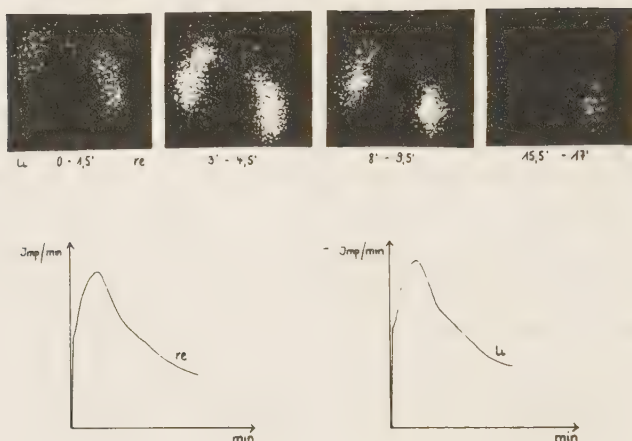
Bei 60 Patienten wurden die Normalwerte von $t_{\max}$, SW und $\frac{t}{2}$ für die rechte und die linke Niere getrennt berechnet,

Tabelle 1a:

	re	li	p
Versuchszahlen	60	60	
$t_{\max} (\bar{x} \pm s)$	$2,93 \pm 0,82$	$2,95 \pm 0,74$	$< 0,40$
SW	$1,67 \pm 0,22$	$1,63 \pm 0,21$	$< 0,15$
$\frac{t}{2}$	$6,21 \pm 2,03$	$6,08 \pm 1,87$	$< 0,35$

Wie obige Tabelle zeigt, unterscheiden sich die Normalwerte der rechten und der linken Niere nicht signifikant.

Beispiel S. R.: (Abb.6)



In obiger Abbildung ist der funktionsszintigraphische Befund einer nierengesunden Patientin dargestellt. Die Anreicherung ist über beiden Nieren zeitgerecht und seiten- gleich, wobei die rechte Niere tiefer steht. Der Blick ist von dorsal auf die Nieren gerichtet. Der intrarenale Hippuran-Transport und der Abfluß aus den NBKS sind normal. Die Zeit - Aktivitätskurven zeigen einen normalen Verlauf.

	re	li
$t_{\max}$	1,8	2,3
SW	1,73	1,62
$t_{\frac{1}{2}}$	4,6	4,6

Tabelle 2 zeigt die Gegenüberstellung der neuen Normalwerte und die von Pabst 1964 berechneten Werte, die unseren alten Normalwerten entsprechen.

Tabelle 2:

	Neu	Pabst (1964)	p
Versuchszahlen	192	45	
$t_{\max} (\bar{x} \pm s)$	$2,89 \pm 0,75$	re $3,4 \pm 0,49$ li $3,5 \pm 0,55$	$< 0,001$
SW	$1,65 \pm 0,20$	re $1,57 \pm 0,09$ li $1,48 \pm 0,1$	$< 0,001$
% Min. Konz.	$30,16 \pm 10,91$	re $29,95 \pm 2,65$ li $23,88 \pm 3,07$	$< 0,0025$
$\frac{t}{2}$	$5,95 \pm 1,87$	Emrich $4,97 \pm 1,54$	$< 0,0005$
% Min Exkr.	$18,52 \pm 5,97$	Pabst $17,9 \pm 2,5$	$< 0,15$

Die neuen mittels Funktionsszintigraphie erhaltenen Normalwerte unterscheiden sich von den alten bis auf den der % Min. Exkr. alle signifikant, wobei sich die Werte von $t_{\max}$, SW und $\frac{t}{2}$ hoch signifikant von den früheren Normalwerten unterscheiden.

2. Entzündliche Erkrankungen

a) Pyelonephritis

Bei 25 Patienten mit bekannter Pyelonephritis wurde eine Funktionsszintigraphie der Nieren vorgenommen. Es wurden die Mittelwerte der Funktionsparameter berechnet, die in der folgenden Tabelle dargestellt und mit den Normalwerten verglichen sind.

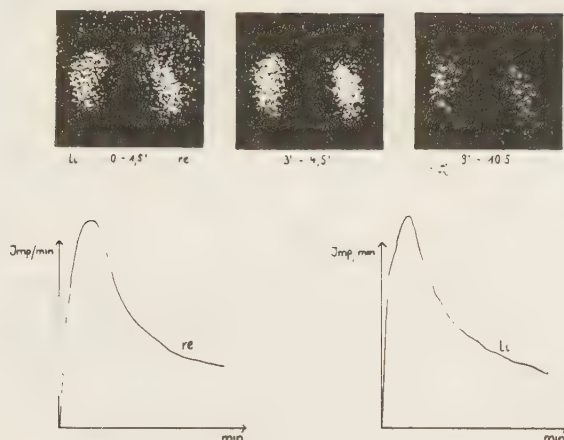
Tabelle 3:

	Pyelonephritis	Normal	p
$t_{\max} (\bar{x} \pm s)$	$4,08 \pm 2,99$	$2,89 \pm 0,75$	$< 0,001$
SW	$1,52 \pm 0,24$	$1,65 \pm 0,20$	$< 0,001$
% Min. Konz.	$21,55 \pm 10,34$	$30,16 \pm 10,91$	$< 0,001$
$\frac{t}{2}$	$8,66 \pm 4,84$	$5,95 \pm 1,87$	$< 0,001$
% Min. Exkr.	$14,33 \pm 8,0$	$18,52 \pm 5,97$	$< 0,001$

$\frac{t}{2}$ war bei einer Untersuchungszeit von 25 - 30 min nur bei 39 der insgesamt 50 untersuchten Nieren zu berechnen, % Min. Exkr. nur bei 42. Die Werte unterscheiden sich alle hoch signifikant von den Normalwerten.

Auf den sequenzszintigraphischen Bildern war entsprechend dem Schweregrad der entzündlichen bzw. postentzündlichen Veränderungen des Nierenparenchyms eine Funktionseinschränkung zu erkennen. In 8 Fällen war keine Beeinträchtigung der Nierenfunktion nachzuweisen.

Beispiel G. S.: (Abb. 7)

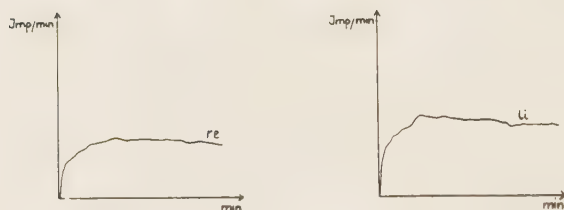
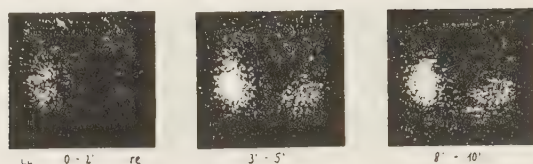


Die Sequenzszintigramme zeigen eine normale Aktivitätsakkumulation über beiden normal großen und normal gelegenen Nieren mit normalem intrarenalen Hippuran-Transport und unbehindertem Abfluß. Der Verlauf der Zeit - Aktivitäts - Kurven ist dementsprechend normal.

Die Patientin hatte 6 bzw. 7 Jahre vor der Untersuchung eine Glomerulonephritis und 6 Wochen vor der Untersuchung eine Pyelonephritis.

In den übrigen Fällen war die Anreicherung vermindert und verzögert und der intrarenale Transport verlangsamt.

Beispiel H. E.: (Abb. 8)



Es handelt sich um eine 68-jährige Patientin mit chronischer Pyelonephritis und diabetischer Glomerulosklerose. Sequenzszintigraphisch zeigt sich eine verminderte und verzögerte Aktivitätsanreicherung rechts stärker ausgeprägt als links mit stark verzögertem intrarenalen Hippuran - Transport. Dementsprechend weisen die Zeit - Aktivitätskurven einen verminderten und verzögerten Anstieg und stark verzögerten Abfall auf ($SW = 1,33$; $t_{\max}^{re} = 5,0$; $t_{\max}^{li} = 3,8$).

b) Glomerulonephritis

Bei 4 Patienten mit chronischer Glomerulonephritis lag nephrographisch in 3 Fällen ein Isosthenurietyp vor, in einem Fall ein flacher Akkumulationstyp. Sequenzszintigraphisch war in 2 Fällen noch eine Restfunktion nachweisbar, in 2 Fällen war keine Aktivitätsablagerung mehr zu erkennen.

c) Gicht

Bei 2 Patienten war die Nierenfunktion im Sinne einer verminderten und verspäteten Anreicherung und eines stark verzögerten intrarenalen Transportes hochgradig eingeschränkt. Bei einem Patienten war nur eine geringe Störung des intrarenalen Transportes an Hand der sequenzszintigraphischen Bilder nachweisbar. In einem Fall lag eine beidseitige Abflußbehinderung aus dem NBKS vor.

d) Tbc

Bei 2 Patienten war der intrarenale Hippuran - Transport verzögert, in 3 Fällen konnte ein Stau im NBKS nachgewiesen werden. In einem Fall von aktiver destruktiver Nierentuberkulose war ein Defekt am caudalen Pol der rechten Niere erkennbar.

3. Urologische Krankheitsbilder

Bei dieser Gruppe von Nierenerkrankungen ist die Berechnung der Funktionsparameter und der Vergleich mit den Normalwerten allein nicht sinnvoll, nur die gemeinsame Beurteilung von Kurven und Bildern.

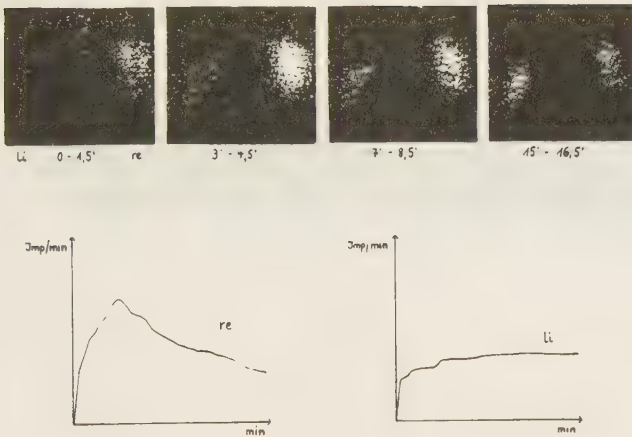
a) Steine

Bei 34 von 36 Patienten mit Nierensteinen ergab sich ein pathologischer funktionsszintigraphischer Untersuchungsbefund, In 28 Fällen lag ein Stau im NBKS vor, in 22 Fällen war die Funktion des Nierenparenchyms bereits mehr oder minder stark beeinträchtigt, eine Niere war funktionslos. In 29 Fällen (80 %) ergaben die Sequenzszintigramme eine Mehrinformation gegenüber den Zeit - Aktivitäts - Kurven. Diese Mehrinformation bestand in:

1. Nachweis des intrarenalen Transportes und Stau im NBKS in 19 Fällen.

Bei den Kurven waren in diesen Fällen sowohl die Sekretionsphase (Verlängerung von $t_{\max}$) als auch die Exkretionsphase (Verlängerung von $t_{\text{Exkr.}}$ und $t_{1/2}$) zum Teil erheblich verzögert, wie dies auch bei entzündlichen Veränderungen der Fall ist.

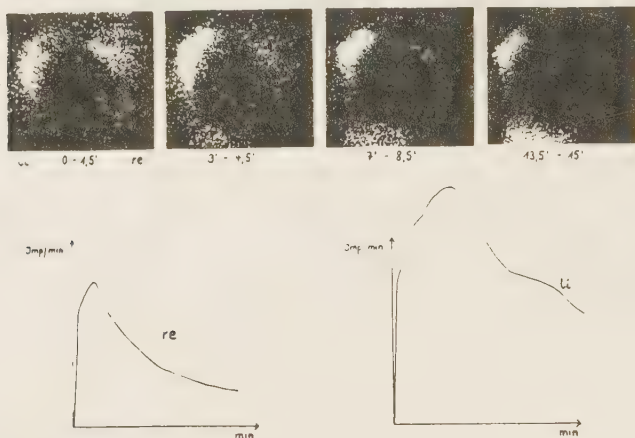
Beispiel D. T.: (Abb. 9)



In obiger Abbildung ist der Untersuchungsbefund einer 65-jährigen Patientin mit Steinniere links dargestellt. Die Funktion der linken Niere ist bereits stark beeinträchtigt, die Aktivitätsanreicherung ist vermindert und verzögert. Die Kurve zeigt einen angenäherten Isosthenurietyp, während auf den Sequenzszintigrammen noch ein Transport des Radiopharmakons vom Parenchym ins Nierenbecken sichtbar ist.

2. Nachweis und Lokalisation einer Stauung im NBKS bei nur geringfügig veränderten Kurven in 3 Fällen

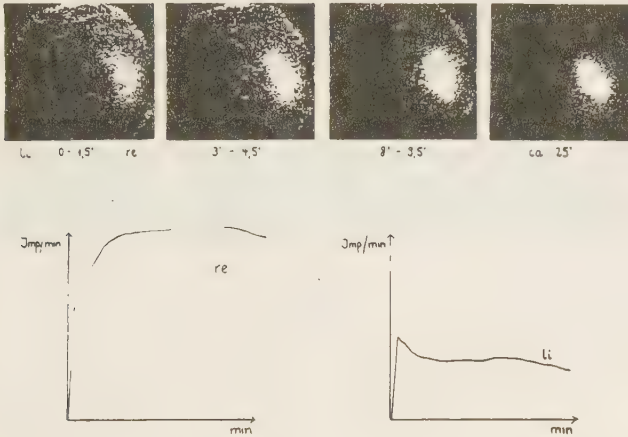
Beispiel P. E.: (Abb. 10)



Die Gesamtkurve der linken Niere ist zwar etwas pathologisch verändert ($t_{\max} = 4,6$; $\frac{t}{2} = 10,4$), auf den Bildern erkennt man deutlich die Parenchymreduktion im cranialen Anteil der Niere und die Stauung in der oberen Kelchgruppe.

3. Stauung im NBKS bei Akkumulationstyp in 8 Fällen

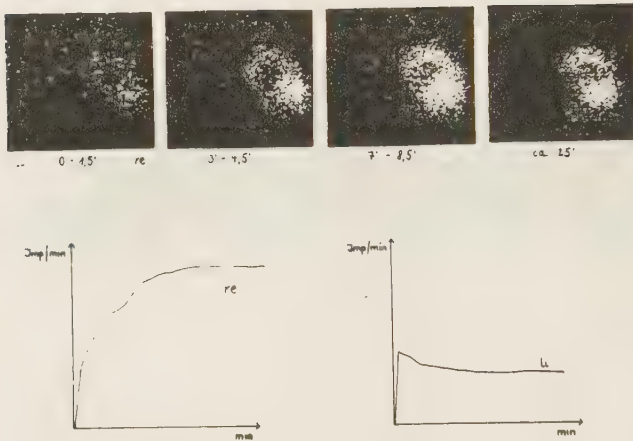
Beispiel G. L.: (Abb. 11)



Der funktionsszintigraphische Befund der rechten Niere zeigt einen Akkumulationstyp der Nephrogrammkurve bei sequenzszintigraphisch noch zeitgerechter Anreicherung und Transport ins NBKS mit deutlichem Stau.

Links Zustand nach Nephrektomie.

Beispiel E. E.: (Abb. 12)

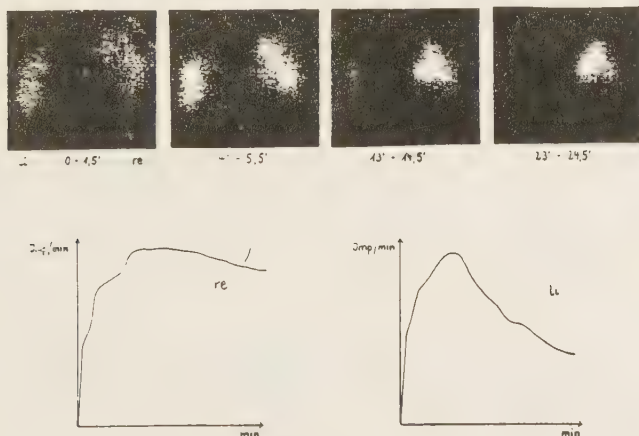


Die Sequenzszintigramme zeigen eine gering verzögerte Anreicherung der großen rechten Niere mit einem Defekt in der oberen Hälfte. Der intrarenale Transport ist gering verzögert mit deutlichem Stau im NBKS. Links Zustand nach Nephrektomie.

b) Ureterabgangsstenosen

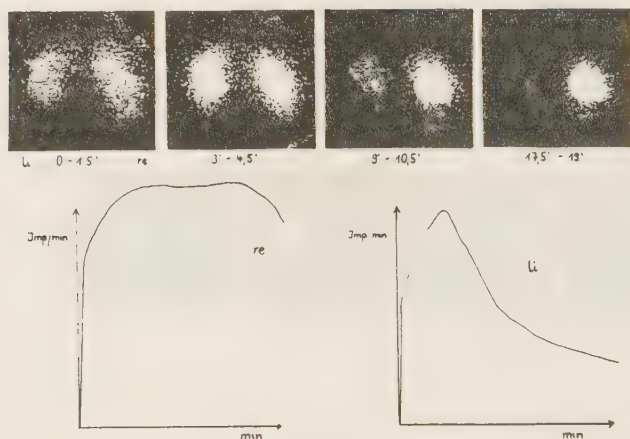
In allen 9 Fällen von Ureterabgangsstenosen konnte ein Stau im NBKS festgestellt werden.

Beispiel G. A.: (Abb. 13)



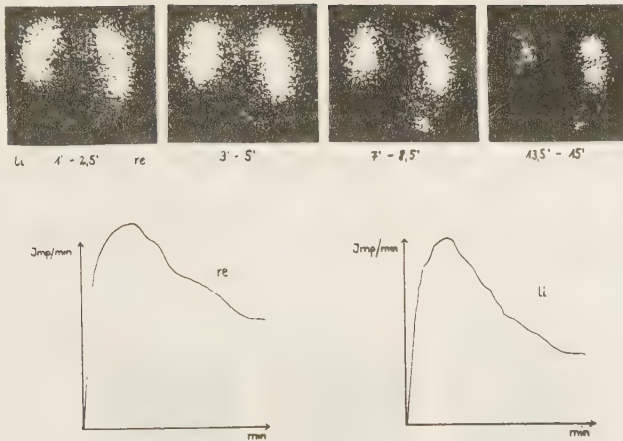
Die Nephrogrammkurve der rechten Niere zeigt einen stark verzögerten Kurvenabfall, während auf den Sequenzsintigrammen ein normaler Transport der Aktivität aus der Nierenrinde ins NBKS erkennbar ist. Die Darstellung des gestauten NBKS dauert noch 23 - 24,5 min p.I. an bei nachgewiesener Ureterabgangsstenose.

Beispiel A. R.: (Abb. 14)



Ein gleichartiger Befund zeigt sich bei der Patientin bei der zunächst in Bauchlage durchgeführten Untersuchung. Hier handelt es sich jedoch nicht um eine organische Ureterabgangsstenose, sondern um eine funktionelle, lageabhängige Abflußbehinderung.

Abb. 15



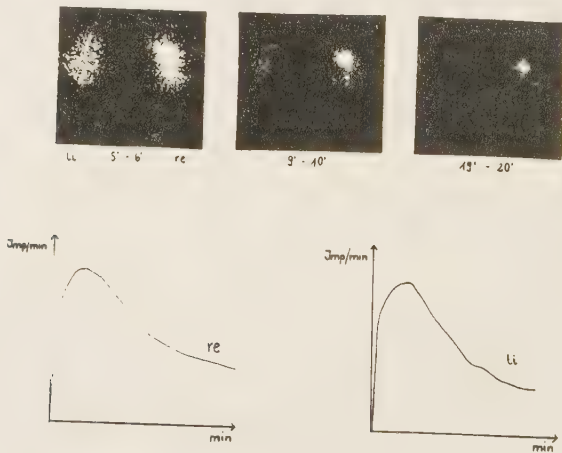
Bei einer Zweituntersuchung im Sitzen ist der Abfluß aus dem rechten NBKS annähernd normal.

Die Nierenparenchymfunktion war in 5 Fällen von Ureterabgangsstenosen im Sinne eines verzögerten intrarenalen Transportes bereits eingeschränkt. Eine urographisch stumme Niere zeigte im Nephrogramm einen Nephrektomietyp, während auf den Sequenzszintigrammen eine verzögerte Anreicherung und ein verzögerter Transport mit Stauung im Nierenhohlssystem erkennbar war.

c) Kelchhalsstenosen bzw. Abflußstörung aus einer Kelchgruppe

Bei 5 Patienten konnte mittels der Funktionsszintigraphie eine Abflußverzögerung aus einer Kelchgruppe festgestellt werden. Dabei waren die Nephrogrammparameter nur in drei Fällen gering verändert und zwar im Sinne eines etwas verlängerten $\frac{t}{2}$.

Beispiel A. A.: (Abb. 16)

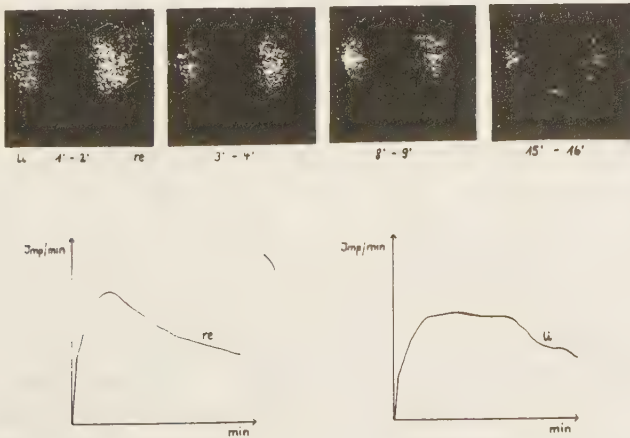


Die globalen Nephrogrammkurven weisen einen normalen Verlauf auf, auf den Sequenzszintigrammen zeigt sich jedoch eine isolierte Abflußverzögerung aus der rechten oberen Kelchgruppe bei Kelchhalsstenose im Ausscheidungsurogramm.

d) Harnstauung verschiedener Ursache

Bei 43 Patienten mit Harnstauung wurde eine funktions-
szintigraphische Untersuchung der Nieren vorgenommen.
Bei 22 Patienten konnte bereits eine Parenchymschädigung
festgestellt werden, die mehr oder minder stark ausgeprägt
war. In diesen Fällen war die Anreicherung vermindert
und verzögert und der intrarenale Hippurantransport ver-
zögert. Die Nephrogrammkurven waren ähnlich wie bei ent-
zündlichen Krankheitsbildern (verlängertes $t_{\max}$, ernied-
rigter SW) verändert. Bei 21 Patienten war die tubulose-
kretorische Leistung noch erhalten und nur ein Stau im
NBKS nachweisbar.

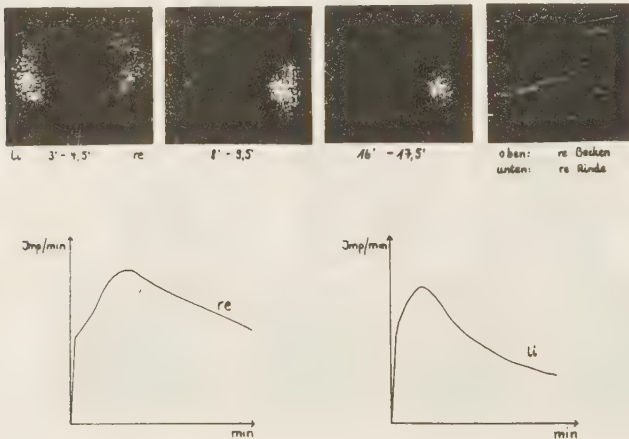
Beispiel N. M.: (Abb. 17)



Es handelt sich um eine Patientin mit Verdacht auf Harn-
stauung der linken Niere. Die Nephrogrammkurve zeigt nach
einem zunächst plateauförmigen Verlauf einen stufenartigen
Abfall, dem sequenzszintigraphisch eine Darstellung des ge-
füllten Beckens 8 - 9 min p. I. bei weitgehend abgeflossener

Aktivität 15 - 16 min p. I. entspricht. Die Kurve allein könnte auch im Sinne einer entzündlichen Veränderung interpretiert werden, während durch die Bilder ein intermittierendes Abflußhindernis erkennbar ist.

Beispiel W. K.: (Abb. 18)



Die Abbildung zeigt den Befund eines Patienten mit Abflußbehinderung rechts bei Blasen - Ca. Die Kurve der rechten Niere zeigt einen verzögerten Abfall, auf den Bildern ist ein Stau im NBKS erkennbar. Hier erfolgte zusätzlich mittels der "Regions of Interest" - Technik eine getrennte Kurvenaufzeichnung über Nierenrinde und Nierenbecken. Dabei ist der zeitgerechte Aktivitätsabstrom aus der Nierenrinde sowie die gegenläufige Aktivitätsansammlung im Nierenbecken bei verzögertem Abfluß deutlich sichtbar. (Abb. 18 rechts oben)

4. Erkrankungen des Gefäßsystems und Kreislaufs

a) Hypertonie

Bei 31 Patienten mit Hypertonie wurde eine funktions-szintigraphische Untersuchung der Nieren durchgeführt. Nachstehende Tabelle zeigt die Werte der Funktionsparameter im Vergleich mit den Normalwerten.

Tabelle 4:

	Hypertonie	Normal	p
$t_{\max} (\bar{x} \pm s)$	$3,68 \pm 1,25$	$2,89 \pm 0,75$	$< 0,001$
SW	$1,6 \pm 0,26$	$1,65 \pm 0,2$	$< 0,05$
% Min. Konz.	$25,17 \pm 11,29$	$30,16 \pm 10,91$	$< 0,0025$
$\frac{t}{2}$	$6,66 \pm 2,02$	$5,95 \pm 1,87$	$< 0,01$
% Min. Exkr.	$16,3 \pm 6,38$	$18,52 \pm 5,97$	$< 0,0125$

Die Werte von $t_{\max}$ und $\frac{t}{2}$ unterscheiden sich signifikant von den Normalwerten, wobei sich der Wert von $t_{\max}$ hoch signifikant vom Normalwert unterscheidet.

Bei 18 Patienten konnten nephrographisch und sequenz-szintigraphisch keine pathologischen Veränderungen festgestellt werden. In 10 Fällen waren die Nephrogrammparameter verändert im Sinne eines verzögerten $t_{\max}$ und $\frac{t}{2}$ und erniedrigten Sekretionswertes. Sequenzszintigraphisch war die Anreicherung, der intrarenale Transport und die

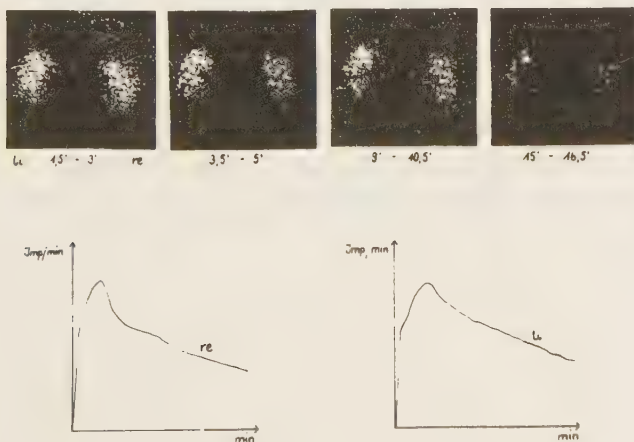
Elimination des Radiopharmakons verzögert. In drei Fällen lag bei normalem Nephrogramm eine sequenzszintigraphische Mehrinformation vor:

In zwei Fällen gering verzögerter Abfluß aus dem NBKS bzw. aus einer Kelchgruppe, in einem Fall ein Speicherungsdefekt zwischen oberem und unterem Nierenpol.

b) Nierenarterienstenosen

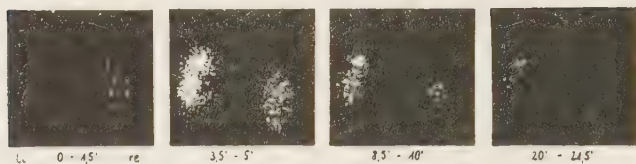
Es wurden 4 Patienten mit angiographisch gesicherter Nierenarterienstenose funktionsszintigraphisch untersucht. Wegen der geringen Probandenzahl ist keine statistische Aussage möglich. In 2 Fällen war die Nierenfunktion bereits soweit eingeschränkt, daß nur noch eine minimale Restfunktion sequenzszintigraphisch festgestellt werden konnte. In einem Fall war sequenzszintigraphisch und nephrographisch keine Anreicherungsverzögerung erkennbar, in einem Fall war $t_{\max}$ verzögert und die Anreicherung des Radiopharmakons auf den Sequenzszintigrammen im Vergleich mit der anderen Niere verspätet.

Beispiel Sch. M.: (Abb. 19)



Die Abbildung zeigt den Befund eines Patienten mit angiographisch gesicherter Nierenarterienstenose links. Die Bilder zeigen eine seitengleiche Anreicherung und Elimination des Radiopharmakons bei normalen Nephrogrammkurven.

Beispiel Sch. W.: (Abb. 20)



Auch hier ist der Befund eines Patienten mit angiographisch gesicherter Nierenarterienstenose links dargestellt. Die Aktivitätsanreicherung erfolgt verzögert entsprechend einem verspätetem $t_{\max} = 5,0$ und $\frac{t}{2} = 11,3$.

c) Embolie

Bei einer Patientin mit plötzlichem Verschluß der a. femoralis rechts wurde nach Auftreten von starken Schmerzen im rechten Nierenlager wegen Verdacht auf Nierenembolie eine Funktionsszintigraphie der Nieren durchgeführt. Wie nachstehende Abbildung zeigt, ist bei Nephrektomie-typ auch sequenzszintigraphisch keine Aktivitätsanreicherung über der rechten Niere nachweisbar.

Abb. 21

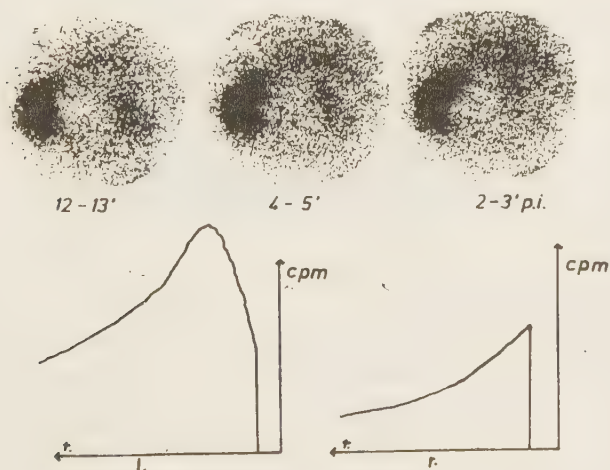
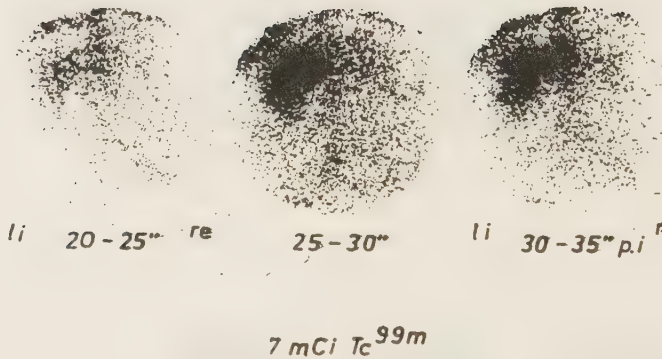


Abb. 22



Durch die zusätzlich durchgeführte ^{99m}Tc -Durchblutungsstudie konnte die fehlende Perfusion der rechten Niere nachgewiesen werden.

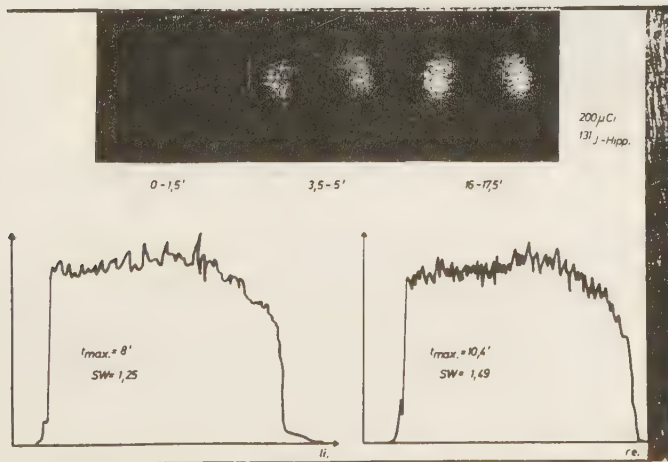
Zwei weitere Kontrollen der Nierenfunktion mittels Funktionsszintigraphie wurden vorgenommen. Dabei zeigte sich bei der ersten Kontrolluntersuchung nephrographisch ein Nephrektomietyp und nach 6 Wochen ein angenäherter Nephrektomietyp. Sequenzszintigraphisch war bereits eine Woche nach der Embolie eine geringe Anreicherung des Radiopharmakons nachweisbar. Nach 6 Wochen zeigte sich eine verzögerte Anreicherung in einem kleinen Areal mit normalem intrarenalen Transport und Abfluß.

5. Akutes Nierenversagen

Bei 6 Patienten wurden nach einer akut auftretenden Oligo-Anurie Funktionsszintigraphien der Nieren zur Beurteilung der Nierenfunktion durchgeführt.

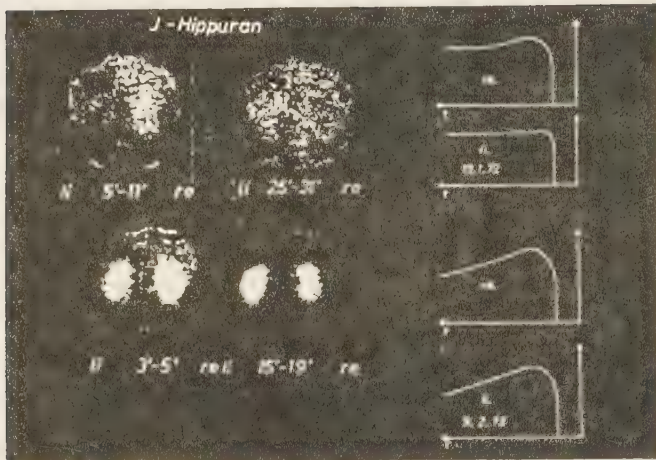
Dabei handelte es sich in einem Fall um eine akute Niereninsuffizienz prärenal Genese (akute Durchblutungsminderung), in 4 Fällen intrarenaler Genese (Schocknieren, akute Nierenparenchymerkrankungen), in einem Fall postrenal Genese (Obstruktion im Bereich der ableitenden Harnwege).

Beispiel M. H.: (Abb. 23)



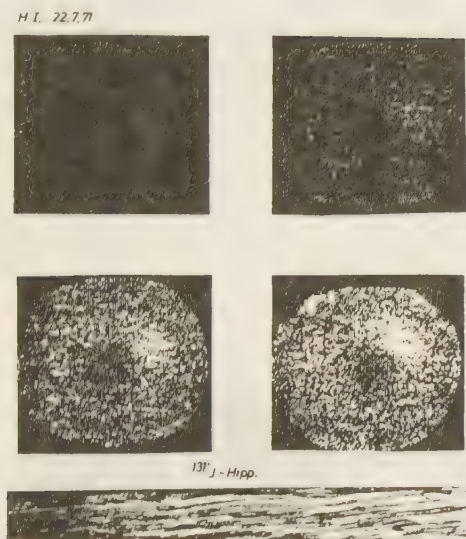
Es handelt sich um einen 41-jährigen Patienten, der bei Zustand nach Mitralklappenersatz mit relativer Tricuspidalinsuffizienz und pulmonaler Hypertonie anurisch wurde. Der Befund zeigt eine beidseits verzögerte, jedoch gute Anreicherung mit intrarenaler Hippurantransportstörung und Akkumulationstyp im RIN.

Beispiel G. G.: (Abb. 24)



Die obige Abbildung zeigt die Funktionsszintigraphie eines Patienten mit Anurie nach langdauernder Unterkühlung. Die Sequenzszintigramme oben zeigen große Nieren mit einer hochgradig verminderten Hippurananreicherung, links stärker ausgeprägt als rechts, bei nahezu horizontalem Kurvenverlauf. Unten auf der Abbildung ist der Befund 3 Wochen später während der polyurischen Phase dargestellt, wobei die Sekretionsleistung der Tubuli noch eingeschränkt ist.

Beispiel: (Abb. 25)



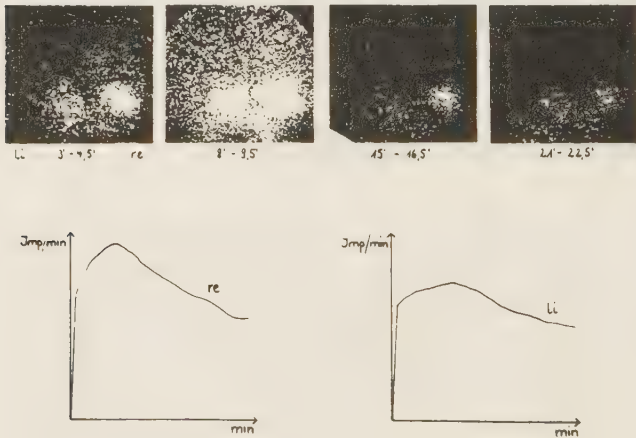
Die Abbildung zeigt den Befund eines Patienten mit seit 13 Tagen bestehender Anurie bei einem Blasen - Ca, das beide Ureteren ummauerte. Auch bei einem Kreatinin von 14 mg % ist noch eine Aktivitätsanreicherung in der rechten Niere sichtbar.

6. Stumme Nieren

Bei 22 Patienten mit urographisch stummen Nieren wurde eine funktionsszintigraphische Untersuchung vorgenommen. In 12 Fällen konnte sowohl nephrographisch (Nephrektomietyp) als auch sequenzszintigraphisch keine Anreicherung des Radiopharmakons mehr nachgewiesen werden.

In 5 Fällen war die Funktion der Nieren, wie aus den Kurven und den Bildern ersichtlich, hochgradig eingeschränkt im Sinne einer verspäteten und verminderten Anreicherung und eines hochgradig verzögerten intrarenalen Transportes.

Beispiel H. J.: (Abb. 26)



Die obige Abbildung zeigt die Funktionsszintigraphie einer 66-jährigen Patientin mit einer urographisch stummen linken Niere. Sowohl nephrographisch als auch sequenzszintigraphisch ist noch eine deutliche, verspätete und verminderte Aktivitätsanreicherung mit erheblich verzögertem intrarenalen Hippurantransport erkennbar. Die Funktion der rechten Niere ist bereits etwas eingeschränkt. In 5 Fällen war bei Nephrektomietyp bzw. Isosthenurietyt der Kurven sequenzszintigraphisch noch eine Restfunktion festzustellen.

7. Mißbildungen

a) Beidseitige Nephrotose

Von 7 Patienten mit beidseitiger Nephrotose wurde in 3 Fällen sowohl im Liegen als auch im Sitzen, bei 4 Patienten nur im Sitzen eine funktionsszintigraphische Untersuchung der Nieren durchgeführt. Dabei ergab sich in 4 Fällen sequenzszintigraphisch und nephrographisch kein pathologischer Befund. Die Nephrogrammparameter lagen in allen Fällen etwa im Normbereich. Sequenzszintigraphisch konnte in 3 Fällen eine vorübergehende Abflußverzögerung aus dem NBKS festgestellt werden, davon zweimal im Sitzen, einmal im Liegen.

b) Rechtsseitige Nephrotose

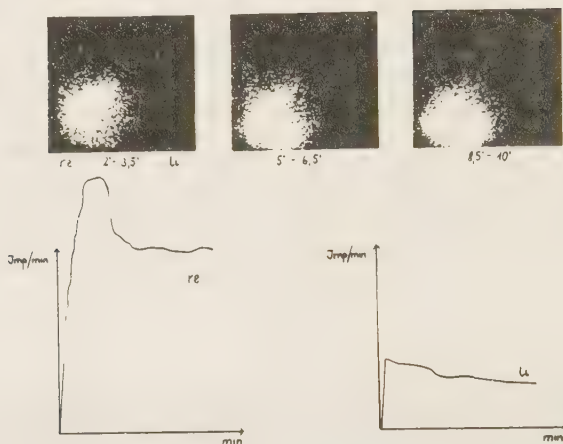
Von 24 Patienten mit rechtsseitiger Nephrotose wurden 14 im Liegen und Sitzen, 10 nur im Sitzen funktionsszintigraphisch untersucht.

Bei 13 der zweimal untersuchten Patienten konnte auf den Bildern ein Absinken der rechten Niere im Sitzen beobachtet werden. In 19 Fällen war die Nierenfunktion beidseits normal. Bei 3 Patienten war der Abfluß aus dem rechten Nierenhohlraum im Sitzen verzögert, bei 2 Patienten sowohl im Liegen als auch im Sitzen. Bei einem Patienten war sequenzszintigraphisch speziell in der oberen Kelchgruppe ein vorübergehender Stau zu sehen.

c) Beckennieren

In 2 Fällen lag rechts, in 2 Fällen links eine Beckenniere vor. Die alleinige Beurteilung des Nephrogramms ist nicht sinnvoll, da bei Beckennieren die Aktivität in der Niere von der Aktivität in der Blase nicht exakt zu trennen ist. So ergab sich bei unseren Untersuchungen in 2 Fällen trotz pathologischen Nephrogramms sequenzszintigraphisch eine normale Funktion der Beckenniere, in 2 Fällen war die Funktion eingeschränkt.

Beispiel Z. M.: (Abb. 27)



In obiger Abbildung ist eine Beckenniere rechts dargestellt. Das Nephrogramm zeigt zunächst einen normalen Abfall der Kurve, später einen abgeflachten, fast horizontalen Verlauf durch ungenügende Trennung der Blase von der Beckenniere. Auf den Bildern ist die Lage der rechten Niere im Becken und die ungestörte Entleerung des Nierenhohlsystems zu erkennen. Über dem linken Nierenlager ist keine Aktivitätsablagerung nachweisbar bei Nephrektomietyt der Kurve.

d) Hufeisennieren

Bei 4 von 5 Patienten mit Hufeisennieren konnte sequenzszintigraphisch eine Parenchymbrücke nachgewiesen werden. Bei einem Fall war die Funktion der Hufeisenniere annähernd normal, in 2 Fällen war die Funktion eines Anteils beeinträchtigt. Bei 2 Patienten war die Parenchymfunktion beider Anteile vermindert und ein Stau im NBKS nachweisbar.

e) Cystennieren

Bei 2 Patienten mit Cystennieren lag nephrographisch in einem Fall ein beidseitiger Isosthenurietypp vor, im anderen Fall war $t_{\max}$ (re = 10,2 li = 13,4) stark verzögert, SW (re = 1,4 li = 1,35) erniedrigt und $\frac{t}{2}$ nicht nachweisbar. In diesem Fall war auf den Bildern eine verzögerte Anreicherung und Stau im NBKS beidseits zu sehen. Im Falle des Isosthenurietypps war sequenzszintigraphisch eine stark verzögerte und verminderte Anreicherung nachweisbar, wobei die Anreicherung rechts im Seitenvergleich besser war.

f) Hypoplastische Nieren

8 Patienten mit einer angeborenen Hypoplasie der rechten Niere wurden an unserer Klinik funktionsszintigraphisch untersucht. Dabei war in 4 Fällen die Funktion normal, wobei die Diagnose in erster Linie auf Grund der sequenzszintigraphischen Bilder sicher zu stellen war. In 4 Fällen wiesen die hypoplastischen Nieren bereits erhebliche entzündliche Veränderungen mit verzögerter Anreicherung und intrarenalem Transport auf.

8. Raumfordernde Prozesse

Bei 12 Patienten mit einem raumfordernden Prozeß im Bereich der Nieren wurden Funktionsszintigraphien gemacht. Bei 2 Patienten handelte es sich um operativ gesicherte Nierencysten. Davon konnte in einem Fall auf den sequenzszintigraphischen Bildern ein Speicherungsdefekt am caudalen Pol der Niere festgestellt werden, im anderen Fall war bis auf einen gering verzögerten Abfluß funktionsszintigraphisch kein pathologischer Befund nachzuweisen. Von 10 Patienten mit einem Nierentumor war in 6 Fällen funktionsszintigraphisch eine umschriebene Parenchymreduktion mit z.T. erheblicher Einschränkung der Nierenfunktion zu erkennen. In einem Fall war nur am caudalen Pol noch ein Areal mit minimaler Restfunktion nachweisbar. Bei 3 Patienten mit funktionsszintigraphisch unauffälligem Befund ergab die zusätzlich durchgeführte Colorszintigraphie Speicherungsdefekte im Sinne eines raumfordernden Prozesses.

IV. Diskussion

1. Methodik im Vergleich zur Szintigraphie und Nephrographie

Anfangs wurden an unserer Klinik in getrennten Untersuchungen die Radioisotopen - Nephrographie mit ^{131}J - Hippuran zur Funktionsbeurteilung und die Szintigraphie mit ^{203}Hg - Salyrgan, später mit ^{197}Hg - Chlormerodrin zur bildlichen Darstellung des funktionstüchtigen Nierenparenchyms durchgeführt. Seit Mai 1971 sind wir in der Lage, mittels der Funktionsszintigraphie eine gleichzeitige Ableitung von Funktionskurven und Szintigrammen dieser Nieren zu erhalten. (5) .

Die Isotopennephrographie allein ist eine Funktionsprüfung, die lediglich eine seitenvergleichende Abschätzung der gesamten Nierenfunktion erlaubt. Die globale Zeit - Aktivitätskurve läßt Funktionsstörungen geringeren Ausmaßes in einem kleinen Nierenareal nicht erkennen, da die Funktionsparameter durchaus im Normbereich liegen können (s. Abb. 16). Andererseits kann eine falsche oder ungenaue Detektorlokalisation einen pathologischen Kurvenverlauf ergeben. Diese Fehlerquelle ist besonders bei renaler Lageanomalie gegeben. Uncharakteristisch veränderte Kurven oder Nephrogramme vom Isosthenurie- oder Akkumulationstyp sind ohne die Bilder in den meisten Fällen nicht eindeutig zu interpretieren (s. Abb. 9, 11, 12, 17, 23, 27). Bei der Funktionsszintigraphie dagegen hat man die Möglichkeit der Verfolgung des Radionuklids durch die Niere und kann global im RIN faßbare Funktionsstörungen lokalisieren und differenzieren wie z.B. eine intrarenale Transportstörung oder eine postrenale Abflußbehinderung. Dabei bedeutet die Funktionsszintigraphie für den Patienten in Vorbereitung und Durchführung die gleiche geringe Belastung wie die Isotopennephrographie bei wesentlich größerer Aussagekraft. Sie ist als routinemäßige Unter-

suchung häufig zur Verlaufskontrolle wiederholbar. Die Strahlenbelastung ist so gering, daß sie nicht als Nachteil der Methode ins Feld geführt werden kann. Für $10 - 20 \mu\text{Ci } \text{c-}^{131}\text{J}$ - Hippursäure beträgt die Strahlenbelastung der Einzelniere ca. 10 mrd, die Gonadendosis 1,2 - 5 mrd. Im Vergleich dazu beträgt die Gonadenbelastung beim Ausscheidungsurogramm 280 - 2000 mrd je nach Aufnahmetechnik.(9)

Wegen des großen apparativen Aufwandes war die Funktions-szintigraphie bisher nur auf große nuklearmedizinische Zentren beschränkt. Durch schnellen technischen Fortschritt und Rationalisierung ist die Industrie in der Lage, Kamerasysteme anzubieten, die auch für kleinere nuklearmedizinische Abteilungen erschwinglich sind. Die Nierenszintigraphie, die vor der Einführung der Funktionsszintigraphie zur Beurteilung des funktionstüchtigen Nierenparenchyms und der Nierengröße immer notwendig war, bedeutet für den Patienten eine wesentlich größere Belastung. Die Dauer der Untersuchung beträgt mindestens eine Stunde, in der sich der Patient nicht bewegen darf. Ferner ist die Strahlenbelastung höher als bei der Funktionsszintigraphie. Die Darstellung des funktionstüchtigen Nierenparenchyms war jedoch bei der Szintigraphie besser als bei der Funktionsszintigraphie wegen der schlechten Detaillierkennbarkeit auf den Sequenzszintigrammen. Neue Auswertungssysteme zu den γ -Kameras sind in der Lage, diesen Mangel auszugleichen und darüber hinaus über Computer-Programme statistische Ausgleichsrechnungen durchzuführen.

2. Diskussion der neuen Normalwerte

Wie der Vergleich unserer neuen mittels Funktionsszintigraphie erhaltenen Normalwerte mit den Werten von Pabst (1964) in Tabelle 2 zeigt, unterscheiden sich die Werte bis auf den der prozentualen Minuten - Exkretion signifikant von den alten Normalwerten.

$T_{\max}$ ist hoch signifikant kürzer ($p < 0,001$), der Sekretionswert hoch signifikant vergrößert ($p < 0,001$) und die prozentuale Minuten-Konzentration signifikant vergrößert ($p < 0,0025$). $\frac{T}{2}$ kann in diesen Vergleich nicht miteinbezogen werden, da dieser Wert nicht nach den Untersuchungen von Pabst (1964) sondern von Emrich (1969) vorliegt und bei unseren alten Normalwerten nicht berücksichtigt wurde.

In Tabelle 5 sind die von einigen anderen Autoren ermittelten Normalwerte der verschiedenen Funktionsparameter des ING dargestellt (nach Emrich).

Tabelle 5:

Autoren		Pabst u. Mitarb. (1964)	Emrich pers. Mitt. (1969)
Versuchszahlen		45	45
$t_{\max}$	re	$3,4 \pm 0,49$	$2,53 \pm 0,78$
	li	$3,5 \pm 0,55$	$2,64 \pm 0,70$
SW	re	$1,57 \pm 0,09$	$1,63 \pm 0,08$
	li	$1,48 \pm 0,1$	$1,65 \pm 0,07$
% Min. Konz.	re	$29,95 \pm 2,65$	-
	li	$23,88 \pm 3,07$	-
$t_{1/2 E}$	re	-	$5,08 \pm 1,49$
	li	-	$4,85 \pm 1,58$
% Min. Exkr.	re	$17,9 \pm 2,5$	-
	li		-

Die Änderung der Parameter ist durch die "Region of Interest" - Auswahl bedingt. Bei der Funktionsszintigraphie werden die Untersuchungen über rechteckige, gering die Nierengrenzen überschreitende "Regions of Interest" (s. Abb. 5) durchgeführt. Eine Untersuchungsreihe über den Einfluß unterschiedlich großer "Regions of Interest" auf das Nephrogramm und die Meßwerte (3) hat gezeigt, daß sich die Parameter bei Verkleinerung der "Regions of Interest" signifikant ändern. Als aussagekräftigste Werte bei der Beurteilung einer Nephrogrammkurve ergaben sich nach unseren Untersuchungen $t_{\max}$, SW und $\frac{t}{2}$, da diese Werte unabhängig von der Messung und Berechnung anderer Werte sind (s. Seite 4: Auswertungskriterien). Bei dem in Tabelle 1 aufgeführten 2. Sekretionswert (SW_2), bei dem das Ende der Initialphase nach 1/2 Minute angesetzt wird, geht die Injektionsgeschwindigkeit als Fehlerquelle in die Berechnung ein. Für die Beurteilung der Exkretionsphase wird in erster Linie $\frac{t}{2}$ herangezogen, da t_{Ex} von der Beendigung der Initialphase und die Berechnung der prozentualen Minuten - Exkretion von x, y und t_{Ex} abhängig ist. Ist beispielsweise das Ende der Initialphase und damit der Wert von x falsch bestimmt, so geht diese Fehlerquelle in die Berechnung der prozentualen Minuten-Konzentration einmal und der prozentualen Minuten-Exkretion zweimal ein.

In Übereinstimmung mit anderen Autoren (3,4) unterscheiden sich die Funktionsparameter der rechten und linken Niere, wie Tabelle 1a zeigt, nicht signifikant. Daher ist eine seitengetrennte Angabe der Normalwerte nicht erforderlich. Daß diese Werte nicht genau mit den in Tabelle 1 aufgeführten Normalwerten übereinstimmen, liegt an der unterschiedlichen Probandenzahl.

3. Aussagewert bei einzelnen Erkrankungen und Mehrinformation gegenüber dem Nephrogramm

a) Entzündliche Erkrankungen

Chronische Pyelonephretiden können - wenn es sich nicht um erheblich fortgeschrittene Stadien handelt - im Isotopennephrogramm unauffällig sein. Die keineswegs spezifischen Veränderungen sind je nach Schweregrad: Erniedrigung der Phase I, Abflachung von Phase II mit verspätetem Eintritt des Sekretionsmaximums und verzögerte Phase III (4). Der diagnostische Wert der Isotopennephrographie ist wegen der mangelnden Spezifität der Veränderungen relativ gering (1).

Bei unseren Untersuchungen konnten in 32 % der Fälle mit nachgewiesener Pyelonephritis keine pathologischen Veränderungen im RIN und auf den sequenzszintigraphischen Bildern festgestellt werden. Erst bei ausgedehnteren pyelonephritischen Parenchymveränderungen war ein pathologischer Kurvenverlauf und verzögerte Anreicherung mit verzögertem intrarenalen Transport auf den Bildern nachweisbar. Die hohe Standardabweichung der Mittelwerte (vor allem bei $t_{\max}$ und $\frac{t}{2}$) resultiert aus der unterschiedlich starken Funktionseinschränkung der Nieren. So lagen z.B. in 3 Fällen mit bekanntem, bereits erhöhtem Kreatininwert (1,21 1,01 1,19) die nephrographischen Werte im Normbereich, während bei den Fällen, bei denen $\frac{t}{2}$ nicht mehr zu ermitteln war, $t_{\max}$ erheblich erhöht bzw. SW erniedrigt war. Auch der hoch signifikante Unterschied gegenüber den Normalwerten ergibt sich aus dieser unterschiedlich stark beeinträchtigten Funktion der Nieren. Bei allen Fällen mit einem pathologischen Kurvenverlauf konnte eine Mehrinformation durch die Bilder festgestellt werden, d.h. die uncharakteristisch veränderten Kurven konnten erst anhand der Bilder interpretiert werden. Es konnte die verzögerte Anreicherung und der verzögerte intrarenale Transport nach-

gewiesen werden.

Wie unsere Ergebnisse zeigen, ist die Funktionsszintigraphie als Suchmethode bei entzündlichen Erkrankungen oder Verdacht auf entzündliche Erkrankungen der Nieren nicht geeignet, da erst bei größeren Schädigungen des Nierenparenchyms auch eine beeinträchtigte Funktion sichtbar wird. Ein normaler funktionsszintigraphischer Untersuchungsbefund läßt nur die Aussage zu, daß es sich um zwei funktionstüchtige, jedoch nicht unbedingt gesunde Nieren handelt. Es darf in diesen Fällen auf weitere diagnostische Maßnahmen nicht verzichtet werden. Gut geeignet ist die Funktionsszintigraphie wegen ihrer leichten Durchführbarkeit und ihrer minimalen Belastung für den Patienten bei entzündlichen Erkrankungen und ihren Folgen bis zur pyelonephritischen Schrumpfniere zur öfteren Kontrolle der Nierenfunktion. Auch bei Niereninsuffizienz sind noch Aussagen möglich, wo andere Methoden versagen.

b) Urologische Krankheitsbilder

Im Gegensatz zu den primären Nierenparenchymerkrankungen kann das Isotopennephrogramm bei obstruktiven Uropathien (mechanisch bedingte Abflußbehinderungen im Bereich der ableitenden Harnwege) von großem Wert sein (10). Solange leistungsfähiges Nierenparenchym vorhanden ist und eine entsprechende Extraktion der o-J-Hippursäure durch die Tubuluszelle erfolgt, muß es bei mechanischer Verlegung der ableitenden Harnwege zu fortlaufender Aktivitätsanreicherung über der betreffenden Niere kommen, d.h., daß Phase II verlängert ist und Phase III weitgehend fehlt. (1).

In 8 Fällen (22,2 %) von Patienten mit Nierensteinen konnte bei unseren Untersuchungen diese kontinuierliche Anreicherung festgestellt werden, wobei das RIN einen Akkumulationstyp zeigte (s. Abb. 11 und 12) und auf den se-

quenzszintigraphischen Bildern die Stauung im NBKS bei guter Anreicherung und ungestörtem intrarenalen Transport nachweisbar war. Schwierig ist bei urologischen Krankheitsbildern die differentialdiagnostische Aussage, wenn bereits das Nierenparenchym geschädigt ist und die Zeit - Aktivitäts - Kurven eine uncharakteristische pathologische Veränderung haben, ähnlich wie bei den entzündlichen Erkrankungen (s. Abb. 9) oder wenn die Kurven nicht oder nur gering verändert sind (s. Abb. 10 und 16). In diesen Fällen ist es seit Einführung der Funktionsszintigraphie mit Hilfe der sequenzszintigraphischen Bilder möglich, eine Diagnose zu stellen. So kann anhand der Bilder beurteilt werden, ob eine Aussparung oder eine Parenchymreduktion sichtbar ist, inwieweit die tubulosekretorische Leistung herabgesetzt ist, ob die intrarenale Transportstörung oder die postrenale Abflußbehinderung im Vordergrund stehen. Durch die modernen Auswertesysteme und die "Regions of Interest" - Auswahl kann auch nachträglich eine getrennte Kurvenaufzeichnung über Nierenrinde und Nierenbecken vorgenommen werden (s. Abb. 18) und so eine klare Differentialdiagnose über Funktion von Parenchym und die Abflußverhältnisse gestellt werden. Genauere Aussagen bei Kelchhalstenosen oder Abflußbehinderung aus einer Kelchgruppe sind überhaupt erst seit Einführung der Funktionsszintigraphie möglich, da nur durch die Bilder eine Abflußbehinderung lokalisierbar ist.

So ergaben sich aus den oben angeführten Gründen bei unseren Untersuchungen in 80 % der Fälle von Nierensteinerkrankungen eine Mehrinformation der sequenzszintigraphischen Bilder gegenüber dem Nephrogramm, in 100 % der Fälle von Ureterabgangsstenosen und Kelchhalstenosen und in 97 % der Fälle von Harnstauungsniere. Speziell bei den urologischen Krankheitsbildern ist also der Aussagewert der Funktionsszintigraphie sehr hoch, d.h. die gleichzeitige Ableitung von Funktionskurven und Szintigrammen ermöglicht gute differentialdiagnostische Aussagen.

c) Erkrankungen des Gefäßsystems und Kreislaufs

Die Möglichkeit, funktionelle Seitendifferenzen qualitativ durch das Isotopennephrogramm zu erfassen, war für viele Untersucher Anlaß, seine Brauchbarkeit bei der diagnostischen Abklärung der Hypertonie, insbesondere zum Ausschluß einer Nierenarterienstenose zu prüfen (1). In 58 % der Fälle von Hypertonie waren bei unseren Untersuchungen keine pathologischen Veränderungen im RIN und auf den Bildern nachzuweisen. Bei 32,3 % waren nephrographisch und sequenzszintigraphisch die als typisch angegebenen Veränderungen, nämlich verzögerte Anreicherung mit verspätetem Eintritt von $t_{\max}$ und verzögerte Elimination, jedoch keine signifikanten Seitendifferenzen erkennbar. Diese pathologischen Veränderungen lassen sich in erster Linie auf arterio-arteriolosklerotische Veränderungen zurückführen. So erklärt sich auch die signifikante Verlängerung von $\frac{t}{2}$ und die hoch signifikante Verlängerung von $t_{\max}$ im Vergleich mit den Normalwerten. Die Frage nach einer renovaskulär bedingten Hypertonie konnte auf Grund mangelnder Spezifität der Veränderungen im RIN und auf den Sequenzszintigrammen nicht beantwortet werden. Der diagnostische Aussagewert der Funktionszintigraphie ist nach unseren Untersuchungen bei der Hypertonie sehr gering.

Die Angaben über die Treffsicherheit des Isotopennephrogramms bei Nierenarterienstenosen schwanken nach Eigler (1) zwischen 70 % und 90 %. Eine Seitendifferenz in Phase I stützt den Verdacht auf eine einseitige renale Minderdurchblutung, ohne sie zu beweisen. Die isotopenephrographische Nachweisbarkeit hängt in gewisser Beziehung vom angiographisch dokumentierten Stenosegrad ab (Hör und Mitarbeiter, 1966), (4). Der verzögerte Eintritt des Sekretionsmaximums gilt als verlässlichstes Kriterium einer renalen Minderdurchblutung, ohne daß dieser Befund hierfür spezifisch ist (4). Wie unsere Untersuchungen zeigen (s. Abb. 19 und 20), kann eine verzögerte

Anreicherung mit verzögertem $t_{\max}$ vorhanden sein, kann aber auch fehlen. Auf eine Angiographie darf bei dringendem Verdacht auf Nierenarterienstenose nie verzichtet werden. Die Funktionsszintigraphie ist jedoch in diesen Fällen als zusätzliche Untersuchung zur Beurteilung einer eventuellen Funktionseinschränkung immer angezeigt. Auch bei einer Embolie kann die Funktionsszintigraphie wesentliche Aufschlüsse geben. Zeigt sich keine Anreicherung bei der Funktionsszintigraphie, kann die fehlende Perfusion zusätzlich durch die ^{99m}Tc - Durchblutungsstudie nachgewiesen werden. Im Stadium der Erholung kann durch kurzfristige Verlaufskontrollen die Funktion der Niere ohne wesentliche Patientenbelastung überwacht werden.

d) Akutes Nierenversagen

Die Funktionsszintigraphie kann bei akuter Niereninsuffizienz verschiedenster Genese wertvolle diagnostische Hinweise geben. Die Urinanalyse und das Ausscheidungsurogramm versagen bei einer Anurie, und die Angiographie steht am Ende der diagnostischen Skala (7). Durch die Funktionsszintigraphie ist es oft möglich, zwischen Oligo - Anurie prärenal, intrarenal und postrenal Genese (s. Abb. 23,24,25) zu unterscheiden.

Zeigt sich bei der Funktionsszintigraphie keine Anreicherung, und ergibt eine zusätzlich durchgeführte ^{99}Tc - Perfusionsstudie keine Durchblutung der Niere, so handelt es sich um ein Nierenversagen prärenal Genese (akuter Nierenarterien- oder Venenverschluß). Kommt es infolge einer Herz - Kreislauf - Dekompensation zu einem akuten Nierenversagen, zeigt sich funktionsszintigraphisch eine fortlaufende Anreicherung mit intrarenaler Transportstörung des Radiopharmakons (s. Abb. 23).

Bei einem Nierenversagen intrarenal Genese finden sich sequenzszintigraphisch große Nieren, die je nach Zeitdauer seit dem akuten Ereignis eine mehr oder weniger gu-

te ^{131}J - Hippurananreicherung zeigen. Diese kann nephrographisch vom Akkumulationstyp bis zum Isostenuriety (s. Abb. 24) alle Formen aufweisen. Die Aktivität bleibt jedoch im Parenchym liegen und wird nicht ins Hohlssystem ausgeschieden (6). In diesen Fällen ist es wiederum nur anhand der Bilder möglich, eine differenzialdiagnostische Aussage zu treffen.

Bei Oligo - Anurie postrenaler Genese infolge Obstruktion der ableitenden Harnwege (z.B. bei gynäkologischen Tumoren, Prostatakarzinomen, usw.) zeigen die Nieren je nach Dauer und Obstruktion eine meist nur geringe ^{131}J - Hippurananreicherung. Wie der Befund in Abb. 25 zeigt, läßt die Funktionsszintigraphie auch bei kompletter Anurie und bei einem Kreatinin im Serum von 14 mg % noch eine qualitative Nierenfunktionsbeurteilung zu. Insbesondere ist eine Seitenlokalisation für eine geplante Nierenfistelung von großem Wert.

e) Stumme Nieren

In 54,5 % der Fälle mit urographisch stummen Nieren konnte bei unseren Untersuchungen kein funktionstüchtiges Nierenparenchym mehr nachgewiesen werden.

In 22,75 % war sequenzszintigraphisch und nephrographisch noch eine Restfunktion zu erkennen (s. Abb. 26) und in 22,75 % war bei Nephrektomie- bzw. Isostenuriety auf den Bildern noch eine Aktivitätsanreicherung festzustellen. So konnte mit der Funktionsszintigraphie in fast der Hälfte der Fälle, in denen nach dem Ausscheidungsurogramm keine Funktion mehr vorhanden war, noch eine Restfunktion nachgewiesen werden. In Fällen von Niereninsuffizienz versagt praktisch jede andere Untersuchungsmethode, und so ist nach unseren Ergebnissen bei urographisch stummen Nieren eine zusätzliche funktionsszintigraphische Untersuchung immer indiziert.

f) Nierenmißbildungen

Bei Nieren mit Mißbildungen (Hufeisennieren, Cystennieren, hypoplastische Nieren) oder Lageanomalie (Nephroptosen und Beckennieren) ist die Beurteilung von Morphologie und Lage einerseits und Funktion andererseits in gleicher Weise von großer Bedeutung. Vor Einführung der Funktionsszintigraphie waren mit der Isotopennephrographie allein keine Rückschlüsse auf Morphologie und Lage möglich und die Funktion einer mißgebildeten Niere ist anhand der Kurven oft nur schwer oder nicht zu beurteilen. Wie Abb. 27 zeigt, ist bei einer Beckenniere die Aussagekraft des Isotopennephrogramms gering, da der horizontale Verlauf in Phase III nur durch die Sequenzszintigramme als ungenügende Trennung der Aktivität in der Niere von der Aktivität in der Blase gedeutet werden kann und nicht auf Abflußbehinderung zurückzuführen ist. Auch bei Hufeisennieren hat die Funktionsszintigraphie große Vorteile in der Diagnostik gebracht. Die wichtige Aussage, ob eine parenchymatöse oder bindegewebige Brücke zwischen beiden Nierenanlagen besteht, ist sequenzszintigraphisch möglich. Die Funktion der einzelnen Nierenanlagen ist auch nur mit Hilfe der Bilder und Kurven eindeutig zu interpretieren. Nach unseren Untersuchungen konnte in 100 % der Fälle von Nierenmißbildungen und Dystopien durch die Bilder eine Mehrinformation erzielt werden.

g) Raumfordernde Prozesse

Bei raumfordernden Prozessen, speziell bei Tumoren, steht die Beurteilung der Morphologie, d.h. die Erkennung von bereits kleinen Prozessen im Vordergrund. Diese werden primär durch Röntgenuntersuchungen (Ausscheidungsurographie, Nierenarteriographie) diagnostiziert (8).

Bei der Funktionsszintigraphie sind Speicherungsdefekte erst ab einer gewissen Größe zu erkennen und so haben auch unsere Untersuchungen gezeigt, daß bei 3 von 10 Patienten

mit einem Nierentumor der funktionsszintigraphische Befund unauffällig war. Zur Beurteilung des noch funktionstüchtigen Parenchyms und zur Kontrolle ist die Funktionsszintigraphie als zusätzliche Untersuchung geeignet.

Hingewiesen sei noch auf funktionsszintigraphische Untersuchungen zur Diagnostik gut durchbluteter Tumoren (2). In diesen Fällen kann ein Umkehreffekt nachgewiesen werden, d.h. initial (15 - 30 sec) eine flüchtige Aktivitätsanreicherung mit nachfolgend vermindeter oder fehlender Speicherung.

4. Vergleich: Isotopennephrographie - Funktionsszintigraphie

Die Isotopennephrographie ist eine Untersuchungsmethode, die eine seitenvergleichende Beurteilung der gesamten Nierenfunktion zuläßt. Mit der Funktionsszintigraphie ist es darüberhinaus möglich, Lage und Form der Nieren und die Funktion einzelner Teile der Niere zu beurteilen. Man kann im RIN global faßbare Funktionsstörungen differenzieren und lokalisieren. Viele pathologisch veränderte Kurven lassen sich erst mit Hilfe der Sequenzszintigramme richtig interpretieren. So kann beispielsweise bei einem Akkumulationstyp ein postrenales Abflußhindernis oder eine intrarenale Transportstörung zugrunde liegen. Auf den Bildern stellt sich in einem Falle das gestaute Nierenbeckenkelchsystem dar, im anderen Falle bleibt die Aktivität im Parenchym liegen.

Eine Mehrinformation der Funktionsszintigraphie gegenüber der Nephrographie speziell unter dem Aspekt der differentialdiagnostischen Aussagekraft konnte bei unseren Untersuchungen vor allem bei folgenden Erkrankungen erarbeitet werden:

Bei den urologischen Krankheitsbildern kann mit dem Isotopennephrogramm allein oft nur eine sehr ungenaue Aussage über Art und Lokalisation einer Stauung und einer eventuell bereits vorhandenen Parenchymschädigung gemacht werden, da die Kurven in vielen Fällen uncharakteristisch verändert sind (s. Abb. 9,10,16). Mit Hilfe der Bilder kann hier differenziert werden, inwieweit die Stauung im NBKS im Vordergrund steht, wo die Stauung lokalisiert ist und ob das funktionstüchtige Nierenparenchym reduziert ist. Ureterabgangsstenosen, Kelchhalsstenosen und alle regionalen Nierenfunktionsstörungen konnten nur mit Hilfe der sequenzszintigraphischen Bilder diagnostiziert werden.

Bei akutem Nierenversagen kann mit Hilfe der Funktions-
szintigraphie oft zwischen Oligo - Anurie prä-, intra-
oder postrenaler Genese unterschieden werden. Die Mehrinfor-
mation gegenüber dem ING liegt in der Differenzierung
zwischen einer intrarenalen Transportstörung und einem
postrenalen Abflußhindernis. In beiden Fällen können je
nach Dauer nephrographisch vom Akkumulationstyp bis zum
Isosthenurietyp alle Formen vorkommen, während auf den
Bildern unterschieden werden kann, ob die Aktivität im
Parenchym liegen bleibt, oder das NBKS gestaut ist.

Bei stummen Nieren und Nieren mit stark eingeschränkter
Funktion können die sequenzszintigraphischen Bilder oft
wertvolle Hinweise auf eine Restfunktion geben. Die Kur-
ven reichen in diesen Fällen vom angenäherten Isosthenu-
rietyp bis zum Nephrektomietyp, während auf den Bildern
oft noch Areale mit Aktivitätsanreicherung nachweisbar
sind. Bei unseren Untersuchungen konnte in 22,75 % der
Fälle von stummen Nieren noch eine solche Mehrinformation
der Funktionsszintigraphie gegenüber der Nephrographie
festgestellt werden.

Bei mißgebildeten Nieren und Nieren mit einer Lageanomalie
ist mit der Funktionsszintigraphie immer eine Mehraussa-
ge gegenüber der Nephrographie möglich. Lage und Form kön-
nen nur anhand der Bilder beurteilt werden, und auch die
Funktion kann in vielen Fällen (z.B. Beckenniere Abb. 27)
nur mit den Bildern richtig interpretiert werden.

V. Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, die Bedeutung der Funktionsszintigraphie im Vergleich mit der Isotopennephrographie und ihren Aussagewert bei einzelnen Nierenerkrankungen darzulegen. Dazu wurden 248 Funktionsszintigramme von Patienten aus verschiedenen Krankheitsgruppen und 96 Funktionsszintigramme von nierengesunden Personen ausgewertet.

Die Einführung der Funktionsszintigraphie hat gegenüber der Nephrographie den Vorteil gebracht, gleichzeitig sowohl Funktionskurven als auch Sequenzszintigramme zu schreiben. Es ist dadurch möglich geworden, bei der gleichen geringen Patientenbelastung in einem Untersuchungsgang Morphologie, Lage und Funktion des funktionstüchtigen Nierenparenchyms zu beurteilen und global im RIN faßbare Funktionsstörungen zu lokalisieren und zu differenzieren.

Durch die "Region of Interest" - Auswahl ist bei der Funktionsszintigraphie eine exakte Darstellung der Nieren möglich, wodurch sich für die Funktionsparameter die in Tabelle 1 aufgeführten neuen Normalwerte ergaben. Bei den neuen Normalwerten unterscheiden sich $t_{\max}$ und SW hoch signifikant ($p < 0.001$) und die prozentuale Minuten-Konzentration signifikant ($p < 0.0025$) von den alten Normalwerten.

Die Funktionsszintigraphie ist wegen ihrer leichten Durchführbarkeit und minimalen Patientenbelastung als orientierende Untersuchung von großen Patientengruppen, als schonende Untersuchung von Schwerkranken und als Verlaufskontrolle bei allen Nierenerkrankungen geeignet. Auch bei Niereninsuffizienz sind noch Aussagen möglich, wo andere Methoden versagen.

Als Suchmethode bei entzündlichen Erkrankungen, bei Hypertonie und Nierenarterienstenosen erscheint die Funktionsszintigraphie nach unseren Ergebnissen nicht geeignet. Es waren bei 32% der Fälle mit nachgewiesener Pyelonephritis keine pathologischen Veränderungen im RIN und auf den sequenzszintigraphischen Bildern festzustellen. In 58% der Fälle von Hypertonie waren die Funktionsszintigramme im Normbereich und bei Nierenarterienstenosen kann eine verzögerte Anreicherung mit verzögertem $t_{\max}$ vorhanden sein, kann aber auch fehlen.

Gute differentialdiagnostische Aussagen sind bei allen urologischen Nierenkrankheiten, bei akutem Nierenversagen und bei Nierenmißbildungen und Dystopien möglich. Hier ist besonders die Mehrinformation durch die sequenzszintigraphischen Bilder hervorzuheben. Es kann eine Differentialdiagnose über die Parenchymfunktion und die Abflußverhältnisse über Art und Lokalisation einer Stauung bei oft uncharakteristisch veränderten Nephrogrammkurven gestellt werden. Genauere Aussagen über Kelchhalstenosen bzw. Abflußbehinderung aus einer Kelchgruppe sind überhaupt erst seit Einführung der Funktionsszintigraphie möglich. Bei akutem Nierenversagen kann oft zwischen Oligo-Anurie prä-, intra- oder postrenaler Genese unterschieden werden.

VI. Literatur

- (1) Eigler.: Nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik in der klinischen Nephrologie.
Internist 9 (1969) S. 346
- (2) Günther R., P. Schenk, S. Yoshida, P. Prager:
Die Nierensequenzszintigraphie mit ^{131}J -o-Jodhippursäure zur Darstellung gut durchbluteter Nierentumoren und Möglichkeiten der Fehlinterpretation.
Fortschr. Röntgenstr. 117, 4 (1972)
S. 451 - 455 Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1972
- (3) Hast B., H. G. Heinze, R. Rohloff: ^{131}J -Hippuran-Kamera-Nephrogramm und Meßfeldgröße - Einfluß unterschiedlich großer ROI auf das Nephrogramm und die Meßwerte.
NUC - Compact Dez. (1974) S. 124
- (4) Pabst H. W., G. Hör: Nephrologie in Emrich D.,
Nuklearmedizin - Funktionsdiagnostik.
S. 275 Georg Thieme Verlag Stuttgart 1971
- (5) Pfeifer K. J., R. Rothe, H. Ingrisich, H. H. Edel,
H. Pichlmaier, H. G. Heinze: Funktionsszintigraphie bei transplantierten Nieren. Münch. Med. Wschr. 115 (1973) Nr. 9
S. 348
- (6) Rösler H.: Der biphasische Ablauf der tubuloexkretorischen Nierenfunktion. Radionephrographische Verlaufsbeobachtung bei Anurie.
In: Radioaktive Isotope in Klinik und Forschung. VIII. Intern. Symposium Bad Gastein. Urban und Schwarzenberg-Verlag München, Berlin, Wien (1969)

- (7) Rothe R., K. J. Pfeifer, B. Hast, H. G. Heinze:
Nuklearmedizinische Notfalldiagnostik
bei Oligo-Anurie. Nuklearmedizin. Fort-
schritte der Nuklearmedizin in klini-
scher und technologischer Sicht. S. 333
F. K. Schattauer Verlag, Stuttgart -
New York 1975
- (8) Schmiedt E., H. G. Heinze: Nierentumoren - Operative
und strahlentherapeutische Behandlung.
Münch. Med. Wschr. 113 (1971) Nr. 26
S. 973 - 979
- (9) Seelentag W., D. v. Arnim, A. Klotz, J. Numberger:
Messungen über die bei röntgendiagnosti-
schen Untersuchungen an die Gonaden ge-
langenden Dosen. Strahlentherapie 105
(1958) S. 169
- (10) Winkel K. zum, J. Becker und K. E. Scheer: Strahlen-
therapie 116 (1961) S. 489

L E B E N S L A U F

- Geboren: 9.9.1949 in Freiburg/Brsg.
- Eltern: Dr. med. Fritz Beh, Facharzt für Innere Medizin
Gertraud Beh, geb. Stanka, verstorben am 28.7.1955
- verheiratet: seit 4.4.1974 mit Elmar Wibmer, Betriebswirt (grad.)
- Kinder: Barbara geb. 20.7.76, Andrea geb. 20.7.76
Benedikt geb. 3.6.80
- Schulbildung: September 1955 - Juli 1959 Volksschule Altötting
September 1959 - Juli 1968 Neusprachliches Gymnasium der Engl. Fräulein Altötting
Reifeprüfung im Juli 1968 am Hans-Leinberger-Gymnasium Landshut
- Studium der Zahn- Beginn Wintersemester 1968/69 an der Uni-
medizin: versität München
13.10.1969 Naturwissenschaftliche (zahnärztliche) Vorprüfung
6. 4.1971 Zahnärztliche Vorprüfung
5. 2.1974 Zahnärztliche Prüfung
1. 3.1974 Approbation als Zahnärztin
- Berufstätigkeit: April 1974 - Juli 1974 Assistentin bei Zahnarzt H. Heilrath, Mühldorf
August 1974 - Juli 1976 Assistentin bei Dr. V. Jais, Neuötting
seit 1.10.1976 selbständige Tätigkeit in eigener Praxis in Altötting.

